



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

“Análisis de Riesgo de la Infraestructura en Puerto Ayora (Galápagos) ante Amenazas Naturales, Sismo y Tsunami, para una posible Instalación Técnica de Paneles Fotovoltaicos”

TUTOR: Ing. Haro Báez, Ana Gabriela PhD

AUTOR: Diego Oswaldo Chávez Salazar

SANGOLQUÍ, FEBRERO 2023



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Contenido

Objetivos: general y específicos

Localización Geográfica

Crecimiento Poblacional

Caracterización de Puerto Ayora y Planificación Urbana

Caracterización Geológica y Geomorfológica

Condición Solar y Energías Sustentables

Definición de Riesgo

Peligro o Amenaza Sísmica

Peligro o Amenaza Tsunami

Tipo de Investigación

Evaluación de Vulnerabilidad: Tsunami y Sismo

Índice de amenazas naturales

Grado de Exposición

Índice de riesgo

Criterio técnico para la ubicación de los paneles fotovoltaicos

Conclusiones y Recomendaciones



Objetivo General

Analizar el **riesgo** de la infraestructura de Puerto Ayora ante las **amenazas** naturales de sismo y tsunami en la Isla Santa Cruz, para **generar** una propuesta para la instalación técnica de paneles fotovoltaicos.

Objetivos Específicos

- **Recopilar** la información **bibliográfica** disponible proveniente de la Isla Santa Cruz en especial en Puerto Ayora (Topografía, Cartografía, Mapas sísmicos, Mapas de Inundación y otros).
- **Identificar** todas las amenazas naturales (Sísmico y Tsunami), para evitar que la infraestructura existente y futura sufra daños.
- **Analizar** la **exposición** del poblado y la **vulnerabilidad** de la infraestructura ante el peligro o amenaza (Sísmico y Tsunami).
- **Evaluar, caracterizar y cuantificar** las amenazas naturales (Sísmico y Tsunami). para disminuir los riesgos de la isla para la implementación de paneles fotovoltaicos.
- **Elaborar** un plan de acción y una guía de implementación para la instalación técnica de sistemas fotovoltaicos.

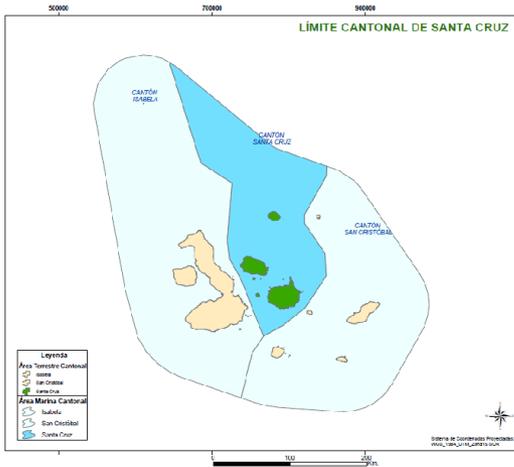


Localización Geográfica

El cantón Santa Cruz es una de las tres pertenecientes a la provincia de Galápagos. Se formó el 18 de febrero de 1973 y cubre 31.121,97 kilómetros cuadrados, su territorio incluye islas, rocas y una reserva marina.

Coordenadas Isla Santa Cruz (WGS-84)

Descripción	Coordenada Este	Coordenada Norte
Isla Santa Cruz (15M)	795.996,09 m E	9'929.188,15 m S
Puerto Ayora	798.242,30 m E	9'917.615,12 m S



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Crecimiento Poblacional

El cantón Santa Cruz tiene una población aproximada de 15.393 hab, según consta en el último censo realizado en el año 2010, lo que lo convierte en el cantón con mayor concentración poblacional con un 61.30 % de Galápagos

Según las proyecciones del INEC, la población de las Islas Galápagos se registró en 2015. El número de residentes ese año fue de 32.212 hab. Para 2020, la población sería de 33.042, un ligero aumento con respecto a los resultados del censo (Alexa, 2019).



$$Pf = Pa (1 + r)^t \tag{3.1}$$

$$Pf = 15393 (1 + 0.00866)^{30} = 185.957,75 \text{ hab; (Proyección censo 2010)}$$

$$Pf = 33042 (1 + 0.00866)^{20} = 173.964,38 \text{ hab; (Proyección INEC 2020)}$$



Caracterización de Puerto Ayora

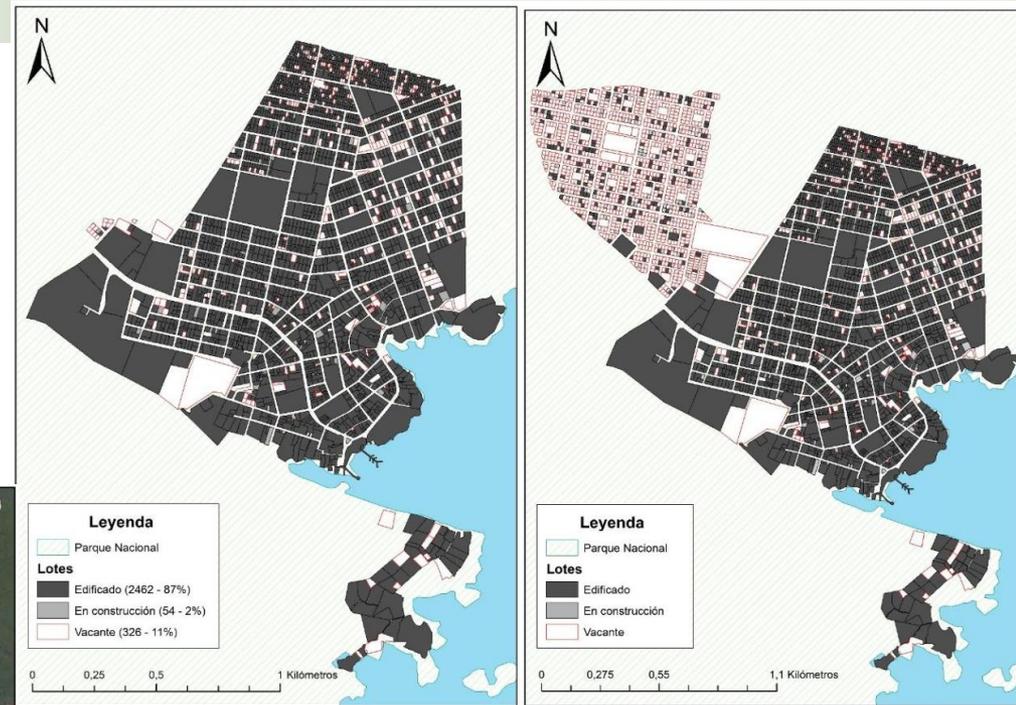
Aproximadamente el 88 % de la superficie de la Isla Santa Cruz (98.600 hectáreas) es parque nacional, la cual está colonizada inicialmente por áreas urbanas con **163 hectáreas** y rurales con **11.22 hectáreas** (PDOT SANTA CRUZ AME, 2011).

Planificación Urbana

La urbanización “El Mirador” cuenta con 70 hectáreas y tiene **1133** predios; mientras que Puerto Ayora con 238 hectáreas tiene alrededor de **2631** predios.



Evolución de crecimiento urbano



$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{3764 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (3764 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{3614.9456}{10.3679} = 348.67 = 349$$

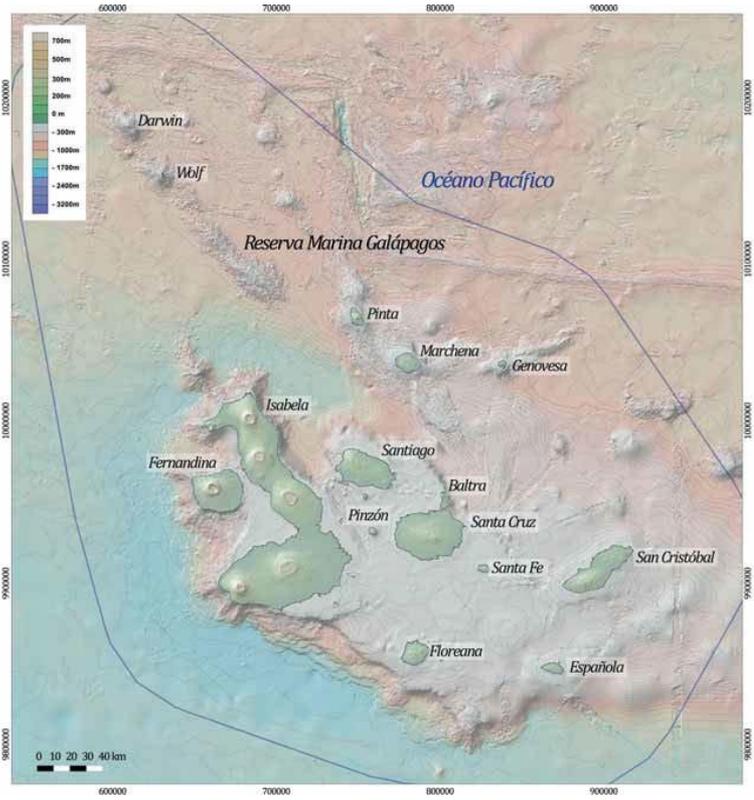
Calculo de la muestra con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%:



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

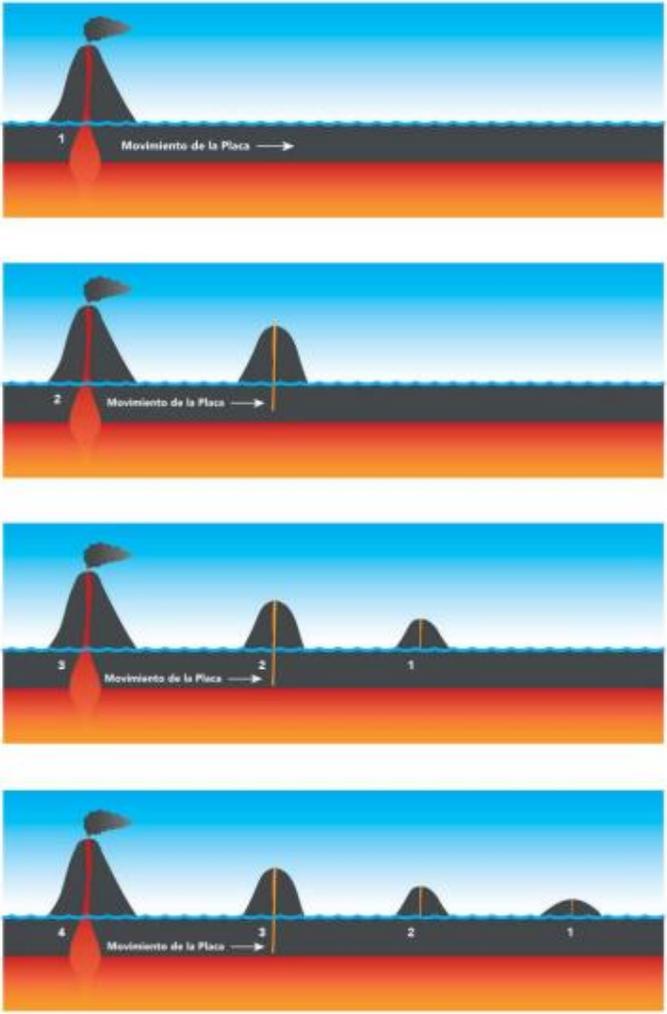
Caracterización Geológica y Geomorfológica de la Isla Santa Cruz

Mapa batimétrico de la zona de estudio



Las primeras islas aparecieron hace unos **3 a 5 millones de años**

Formación de Volcanes por Punto Caliente



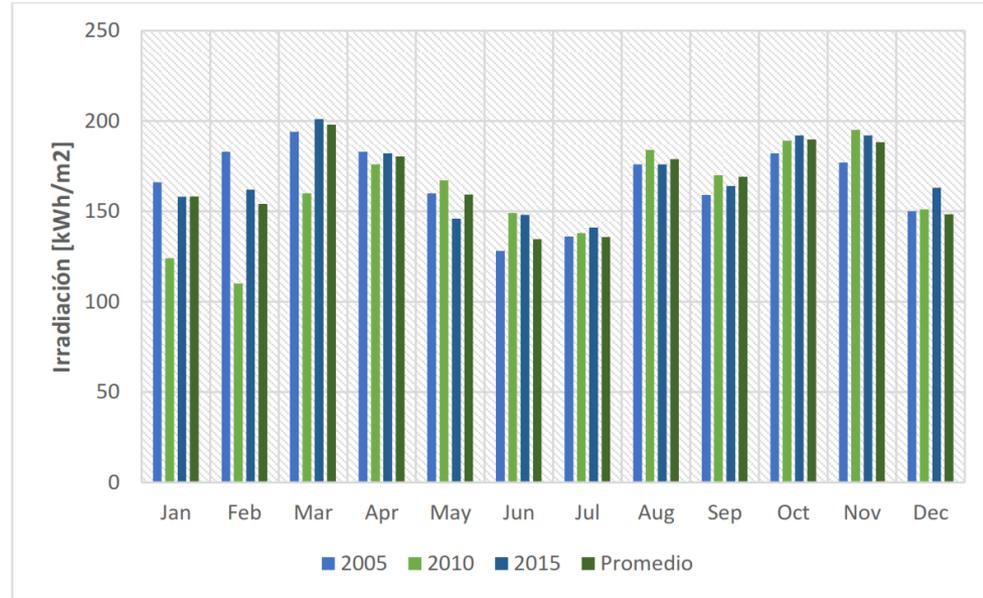
la actividad del punto caliente empezó aproximadamente entre **80 a 90 millones de años**

Condición Solar

Registro histórico de Irradiación Global Solar (kW/m²) obtenido de la Comisión Europea- Phtovoltaic Geographical Information System

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Prom
Ene	166	160	145	138	158	124	178	185	158	171	158	158
Feb	183	142	176	143	160	110	153	151	154	162	162	154
Mar	194	205	202	179	224	160	208	201	193	210	201	198
Abr	183	194	194	159	197	176	153	169	190	188	182	180
May	160	157	167	152	149	167	169	160	168	157	146	159
Jun	128	129	142	112	113	149	143	146	140	130	148	135
Jul	136	122	143	129	130	138	145	129	150	130	141	136
Ago	176	178	184	161	172	184	193	178	189	176	176	179
Sep	159	184	188	161	181	170	189	105	179	180	164	169
Oct	182	188	178	183	187	189	189	186	208	205	192	190
Nov	177	189	186	184	191	195	186	196	201	174	192	188
Dic	150	145	146	166	116	151	159	140	157	138	163	148
TOTAL	1994	1993	2051	1867	1978	1913	2065	1946	2087	2021	2025	1995

Irradiación Solar Puerto Ayora



Por la localización privilegiada de esta Isla (cercana a la línea ecuatorial), este lugar permite aprovechar la presencia solar que presenta una irradiación muy alta.

Energías Sustentables

La ventaja del uso de las fuentes de energía renovable es que la emisión de carbono es muy baja gracias a la tecnología, que ayuda mucho al medio ambiente.

Importancia de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos

Alternativa de consumo de energía

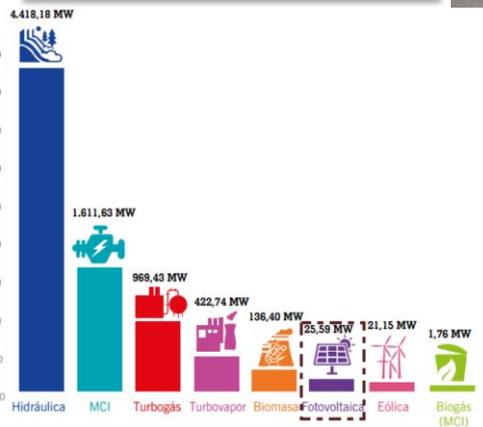


Países líderes en producción de energía aprovechada del sol

Japón fue uno de los primeros países en incorporar la producción de energía solar.

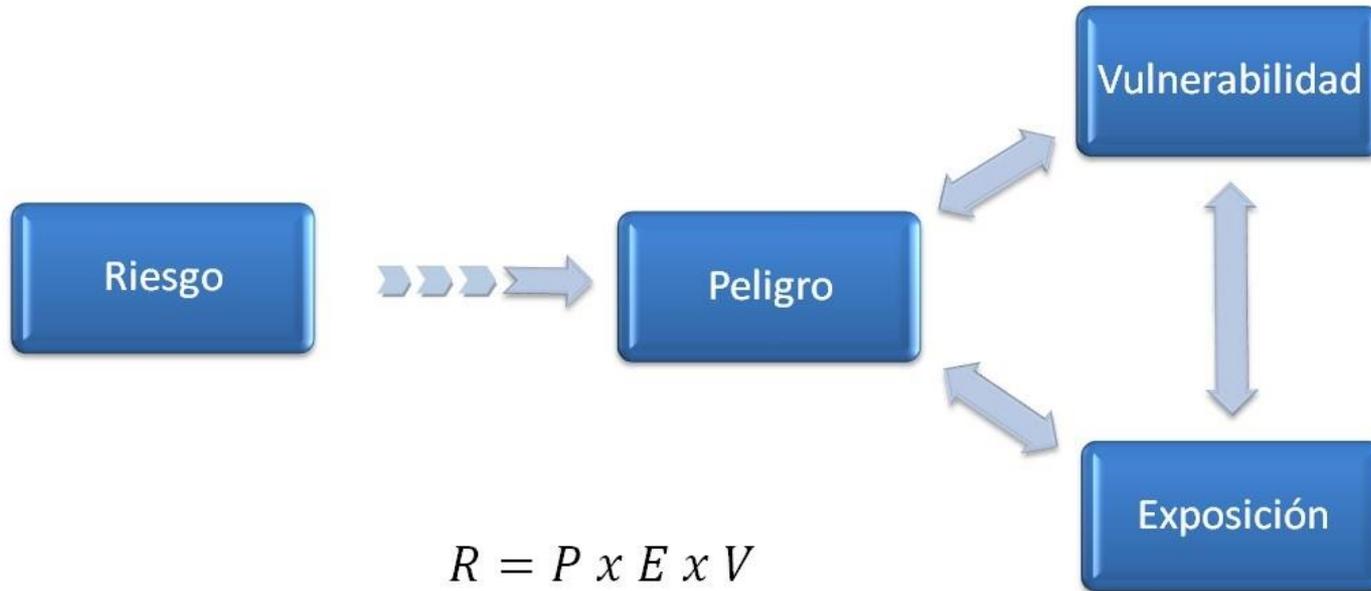
Sistema de gestión de energía centrado en 200 hogares, 25 empresas y granjas, colocaron sistema adicional de control directo y remoto de fuentes y cargas utilizando paneles solares y EcoCute de Panasonic

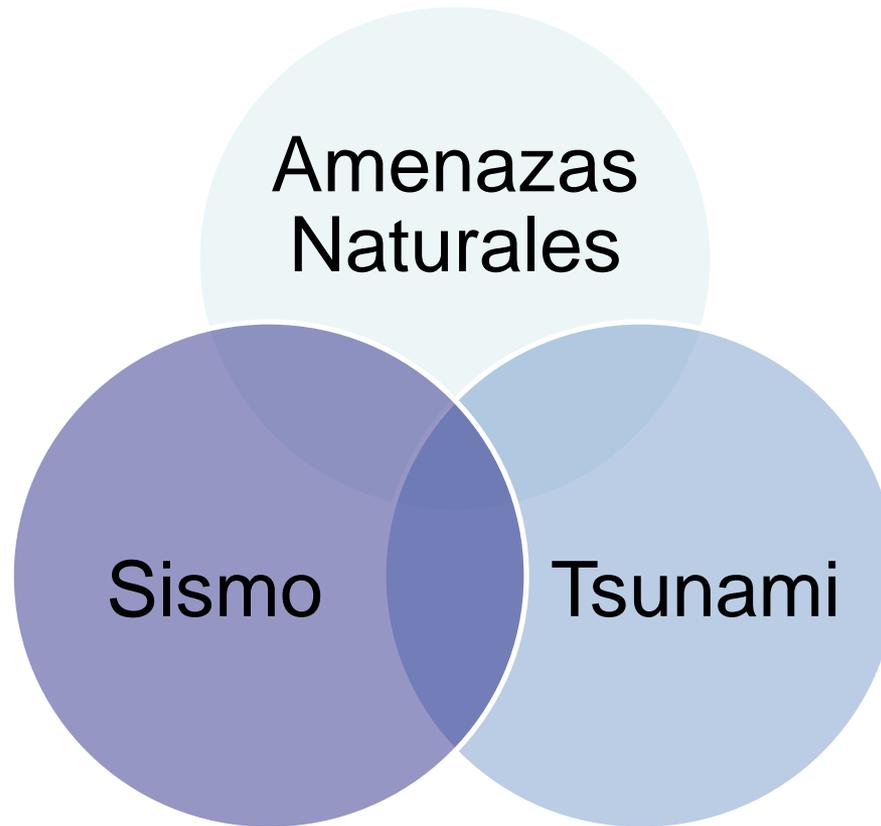
Como ejemplo de este avance se tiene a la Isla de Miyako (Miyakojima) localizada aproximadamente a unos 300 km entre Okinawa y Taiwán. Esta población por su ubicación remota depende en gran parte por el uso de combustibles fósiles para un 97% de sus necesidades energéticas. Se declaró en 2008 como isla “ecológica”



Definición de Riesgo

La palabra riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un resultado negativo específico junto con la presencia de una o varias amenazas. Cabe destacar que la vulnerabilidad juega un papel importante dentro de esta definición.





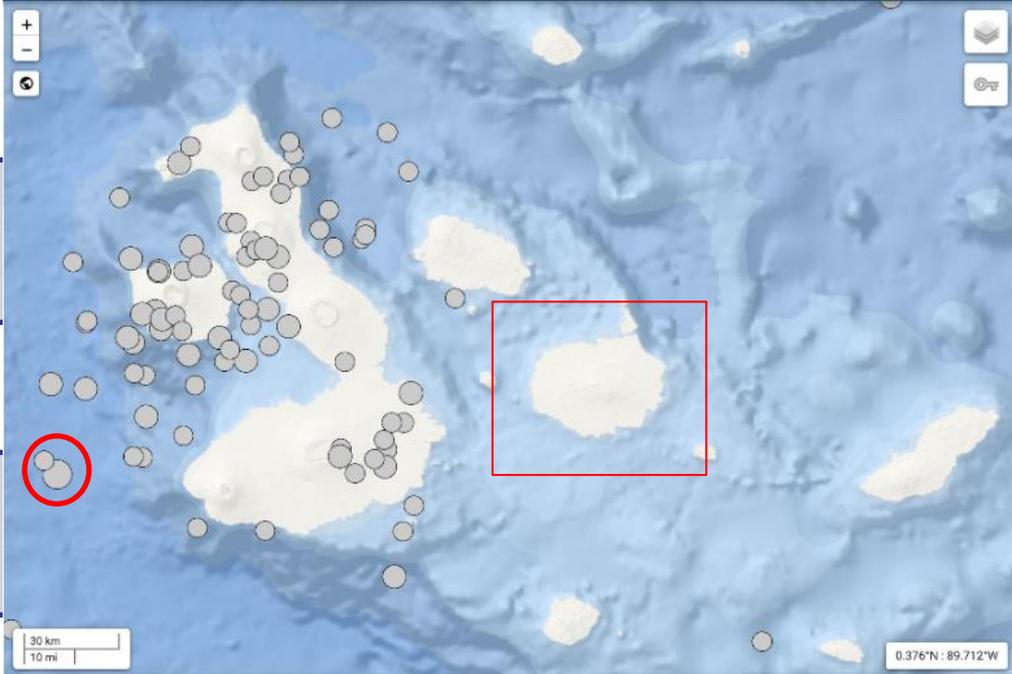
Peligro o Amenaza Sísmica

Ubicación sismos Galápagos comprendido entre el año 1900 hasta la actualidad

Después de **Hawái** son el segundo lugar en su tipo más activo volcánicamente

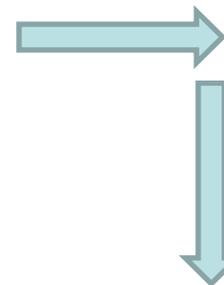
La NEC indica que se encuentra en una zona **sísmica alta** $Z=0.3\text{ g}$

Creadas por procesos volcánicos



Sismos en la Región Insular

#	FECHA	LATITUD	LONGITUD	PROF.	MAG	TIPO MAG	UBICACIÓN
1	1954-06-04 T06:50:43.590Z	-0.88	-91.864	15	6.26	mw	Galapagos Islands, Ecuador
2	1926-05-05 T06:21:36.510Z	2.893	-91.384	10	5.88	mw	Galapagos Islands, Ecuador region
3	1929-11-08 T03:20:10.860Z	2.414	-88.733	10	5.75	mw	Galapagos Islands, Ecuador region
4	1999-12-22 T22:08:07.260Z	-0.625	-91.882	10	5.7	mwc	Galapagos Islands, Ecuador
5	1987-10-20 T21:11:00.060Z	0.917	-87.073	10	5.6	mw	Galapagos Islands, Ecuador region
6	1991-10-09 T12:19:18.530Z	0.904	-87.389	10	5.4	mw	Galapagos Islands, Ecuador region
7	1991-07-27 T10:06:36.820Z	1.773	-90.49	10	5.4	ms	Galapagos Islands, Ecuador region
8	1980-01-08 T00:27:06.300Z	2.508	-89.969	10	5.2	mb	Galapagos Islands, Ecuador region
9	2001-09-02 T18:14:35.040Z	2.48	-86.195	10	4.7	mb	Galapagos Islands, Ecuador region
10	1997-02-15 T10:33:38.600Z	0.97	-87.044	10	4.7	mb	Galapagos Islands, Ecuador region

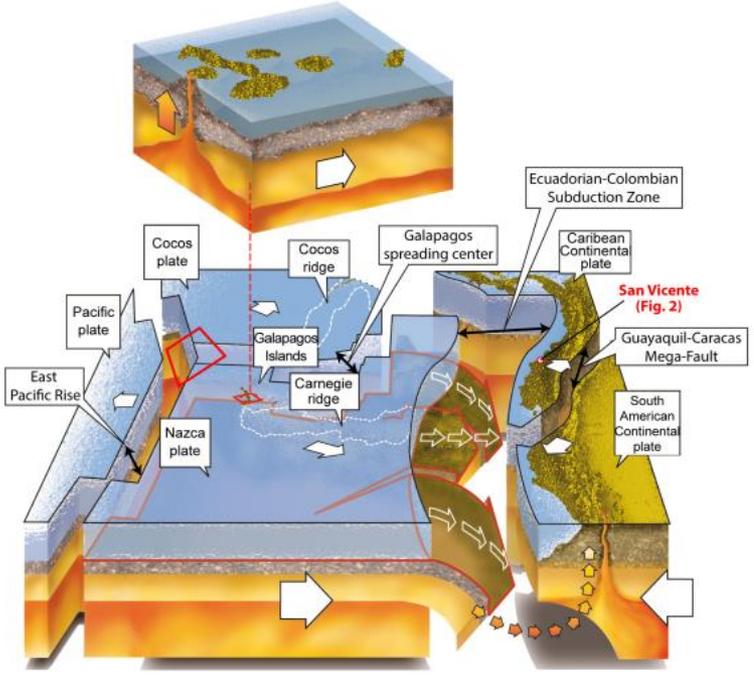


Movimiento leve de la parte superior de un penacho del punto caliente con una longitud de 1.50 kilómetros al occidente de la isla Isabela

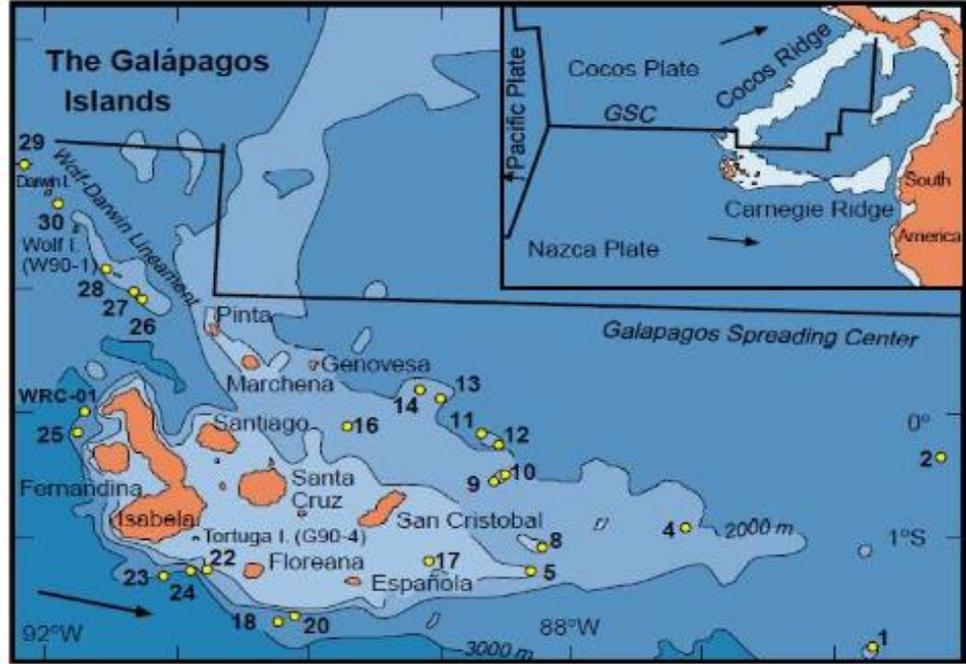


Peligro o Amenaza Sísmica Relacionada a la Geodinámica:

Entorno geodinámico de Ecuador, las Islas Galápagos y la cresta Carnegie

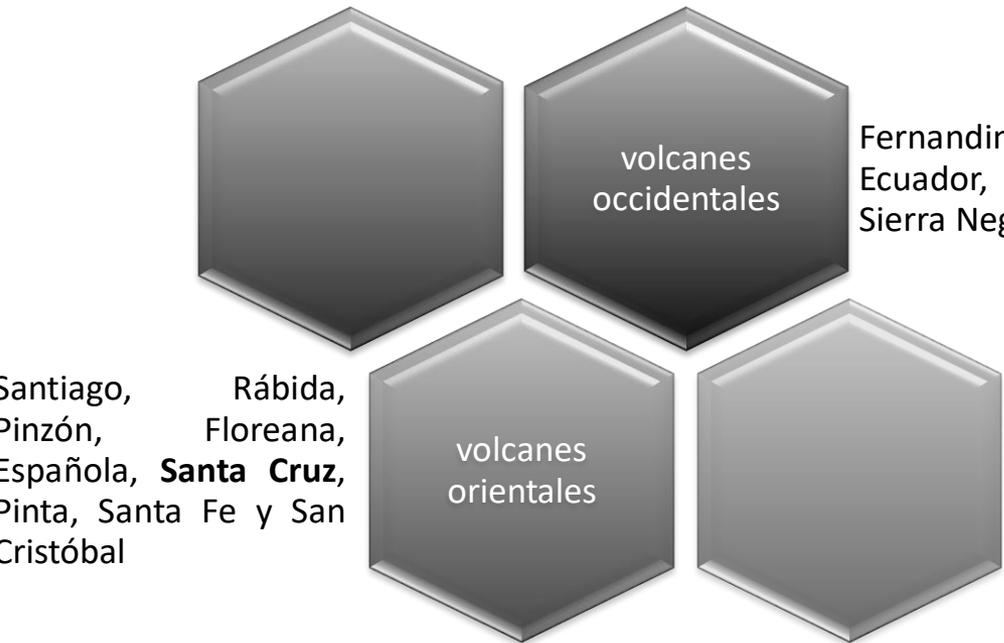


Plataforma de Galápagos con representación del arreglo tectónico regional y el movimiento de las placas



La historia de la dorsal Nazca- Cocos se origina aproximadamente hace 22.7 millones de años

Peligro o Amenaza Sísmica Relacionada con la Actividad Volcánica:



Fernandina, Cerro Azul, Ecuador, Darwin, Wolf, Sierra Negra y Alcedo

Santiago, Pinzón, Española, **Santa Cruz**, Pinta, Santa Fe y San Cristóbal

Rábida, Floreana,

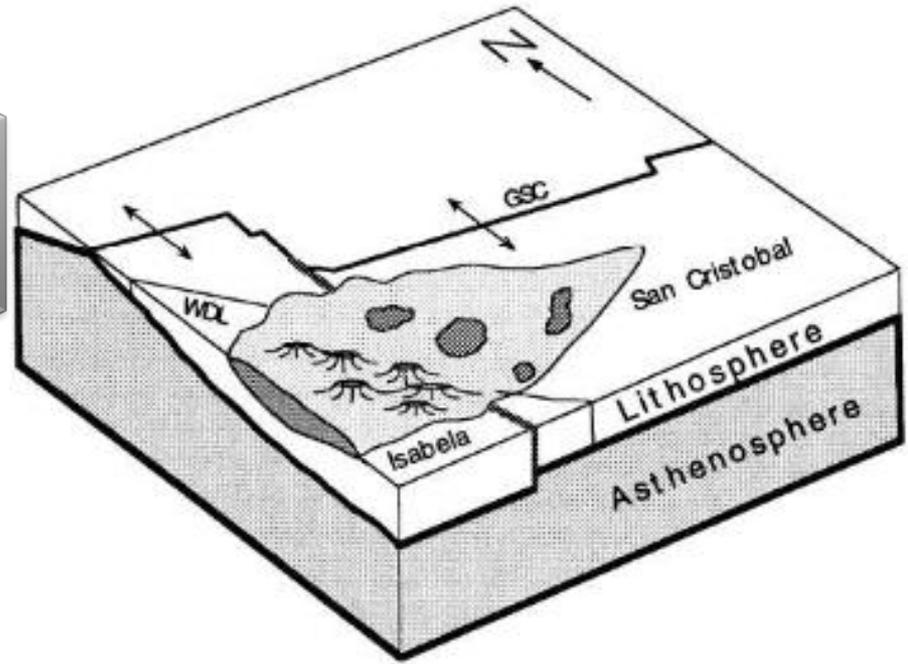
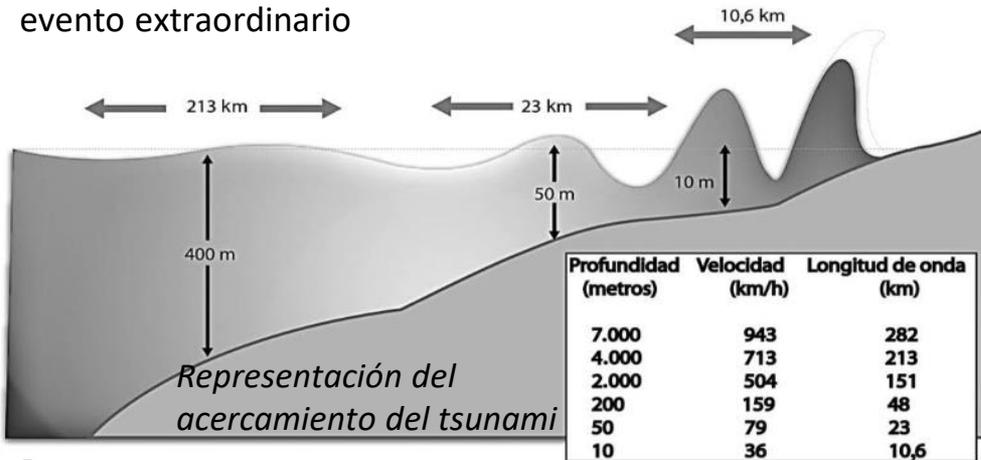


Diagrama de bloque que indica la estructura de la litósfera y corteza de la plataforma Galápagos



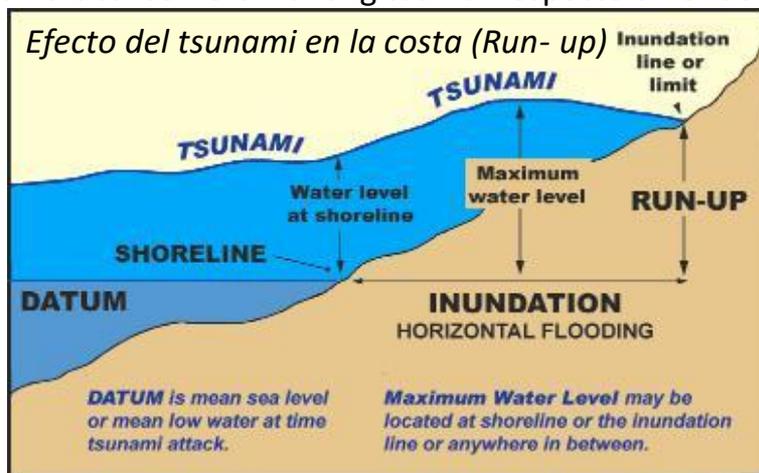
Peligro o Amenaza Tsunami:

tsu es "puerto" y nami es "gran ola", se refiere a un desplazamiento vertical del agua en el océano causado por algún evento extraordinario



Run-up

Investigación sobre la conducta de las olas al momento de arribar a las costas. Efecto no lineal causado por los cambios tanto en la vertical como en la longitudinal respecto al fondo marino



Tsunamis que han afectado en Ecuador

Fecha	Lugares afectados	Epicentro del terremoto	
		Lat.	Long.
1896/mayo/3	Manta- Bahía	-0.50	80.45
1906/enero/31	Esmeraldas y costas de Colombia	1.00	81.30
1933/octubre/02	Península de Santa Elena	-2.00	-81.00
1953/diciembre/12	Costas peruanas y Península de Santa Elena	-4.00	-81.00
1958/enero/19	Costas de Esmeraldas, Salinas, El Callao (Perú)	1.22	79.37
1970/diciembre/10	Guayaquil, costas de El Oro	-3.79	-80.66
1976/abril/09	Esmeraldas	0.85	-79.63
1979/diciembre/12	Costas norte del Ecuador y sur de Colombia	2.00	-78.90

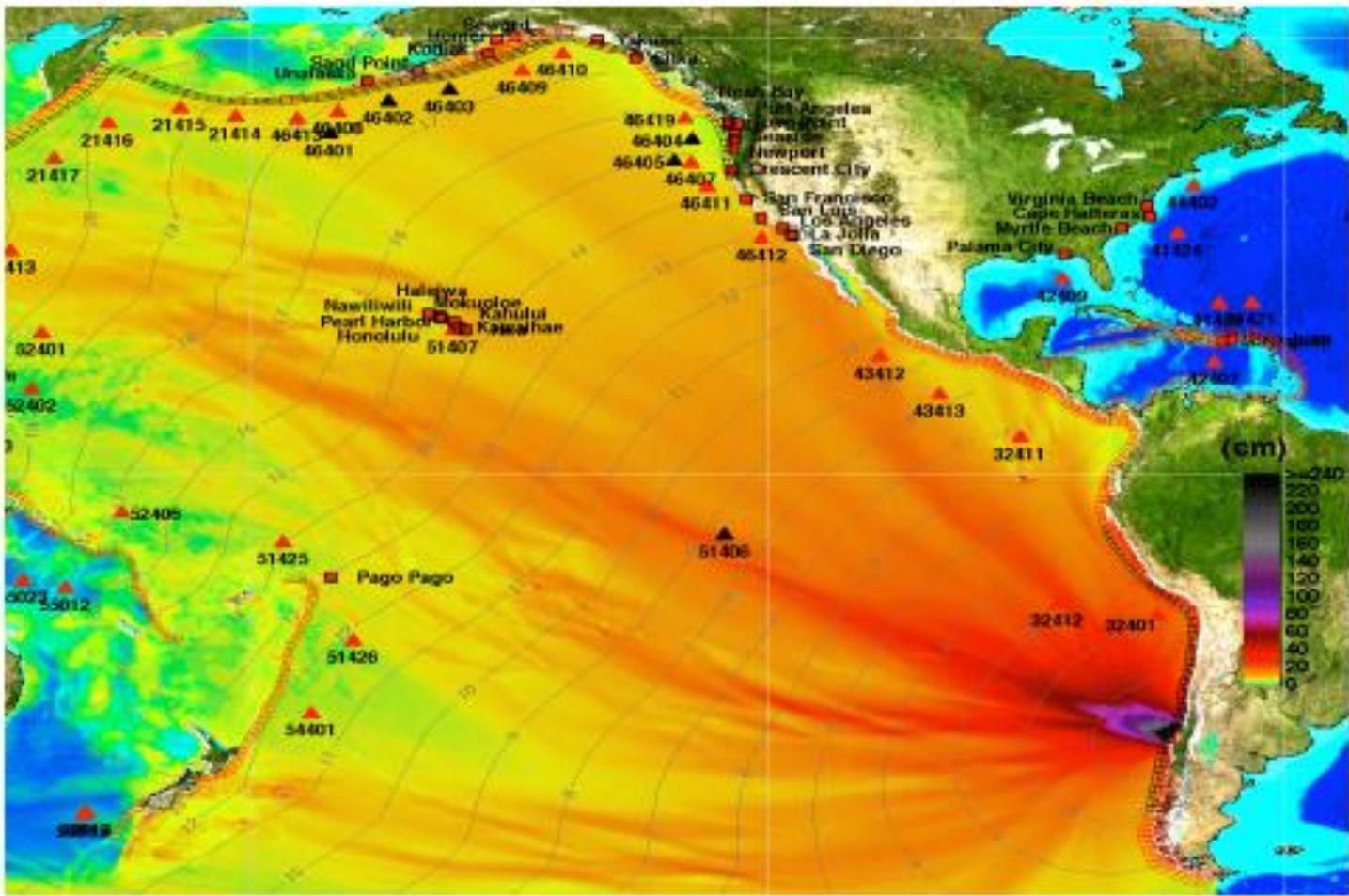
A 75 km de la zona portuaria de Tumaco en el Océano Pacífico y una magnitud de 8.1 Mw con olas de aproximadamente 6 m.



ESPE
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
 CAMINO A LA EXCELENCIA

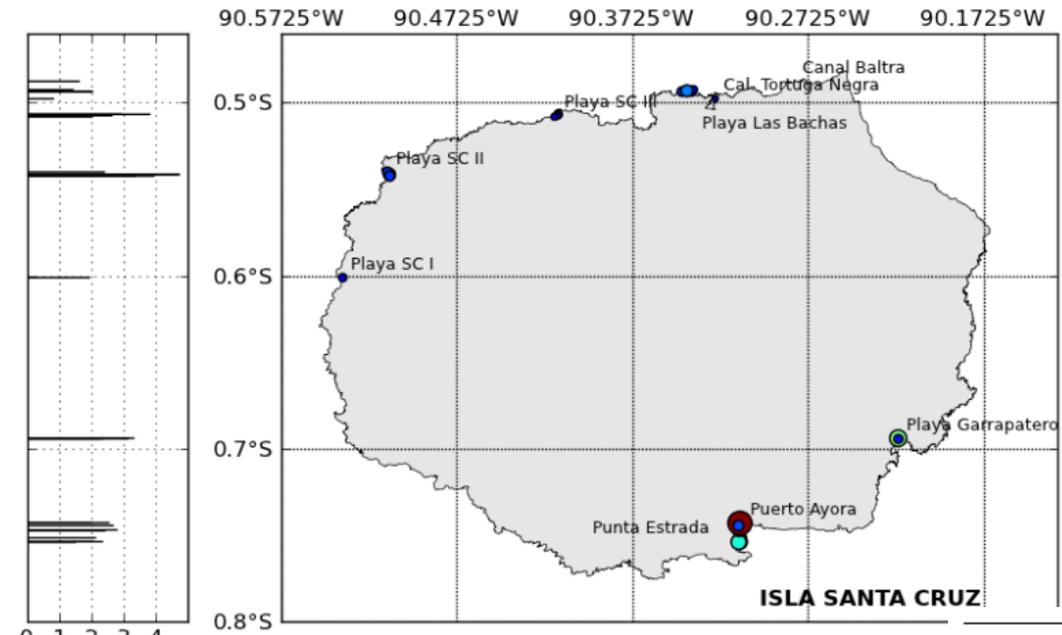
Relación de Santa Cruz ante Amenaza Sísmica o de Tsunamis Generadas en Zonas Costeras

Efectos ocasionados por el sismo de Chile del año 2010



Los registros mostraron ondas con amplitudes que oscilaban entre 20 y 70 cm con periodos de hasta 2 horas.

Efectos ocasionados por la presencia del sismo de Japón en el año 2011



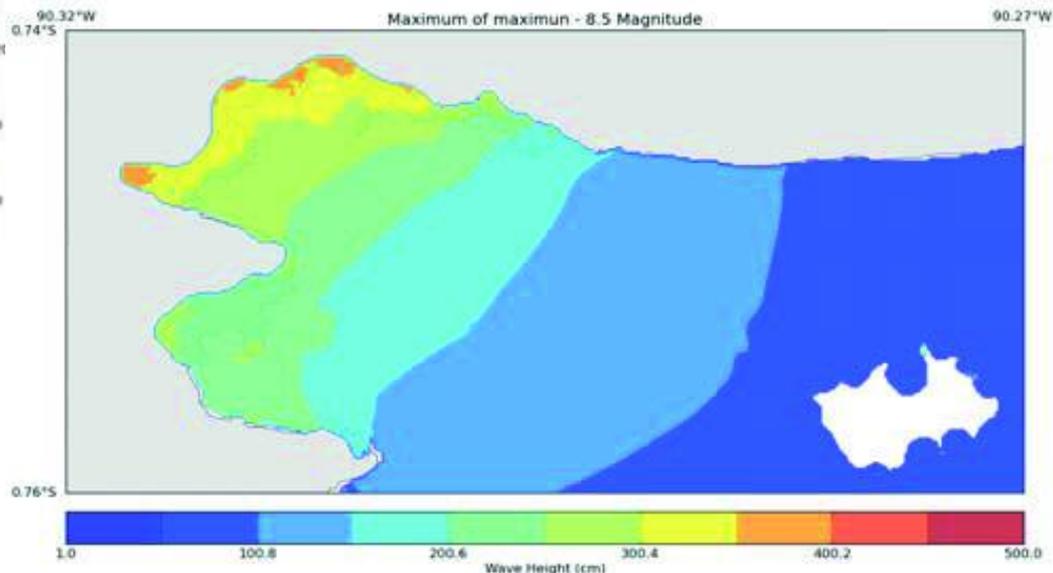
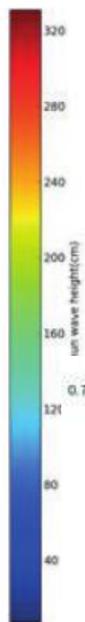
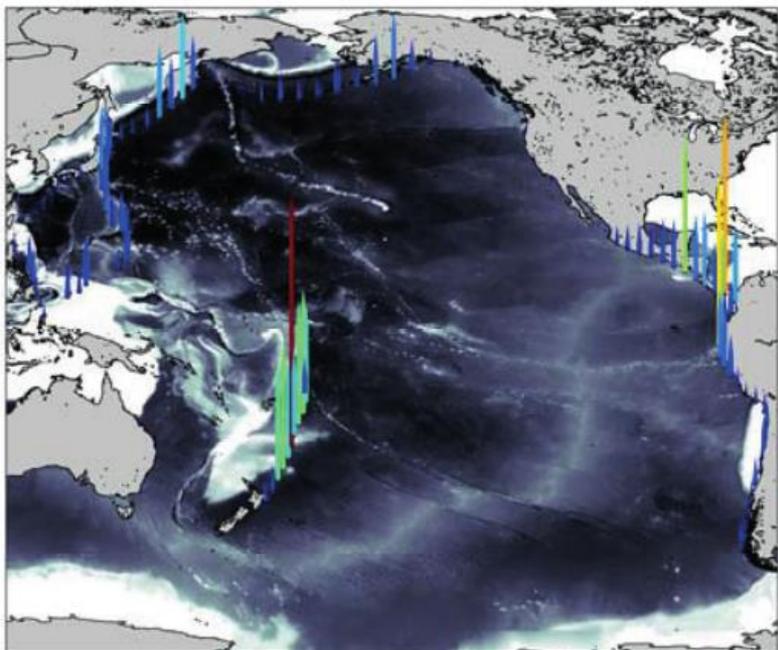
Un terremoto de magnitud 9.0 ocurrió el 11 de marzo a las 05:46 hora universal.

Registro mareográfico Puerto Ayora- Isla Santa Cruz

run- up (izquierda) vs. longitud de inundación (derecha)

Sitio	Coordenadas	Run- up (m)	Inundación (m)
Puerto Ayora	S0 44.807 W90 18.696	2.81	40.00
Puerto Ayora	S0 44.834 W90 18.756	2.44	0.00
Puerto Ayora	S0 44.561 W90 18.589	2.56	23.40
Puerto Ayora	S0 44.571 W90 18.672	2.01	129.50
Puerto Ayora	S0 44.657 W90 18.723	2.69	25.00

Pronóstico a largo plazo de tsunami en Puerto Ayora



Se creó un total de 104 modelos numéricos combinando 6 unidades fuente, con un deslizamiento uniforme de 5,26 metros. Estas modelaciones se realizaron para lograr una magnitud de **5.2 Mw**

Las inundaciones más grandes se encontraron del máximo de los 104 modelos con un sismo ocurrido en alguna parte del Pacífico con una magnitud de **8.5 Mw**.



Tipo de investigación

Se utilizó métodos existentes, como la metodología FEMA P-154 (sismo) y FEMA P-646 (tsunami), los datos de campo se obtuvieron a través de fuentes digitales y una gran base de datos catastral proporcionada por la Municipalidad de Santa Cruz, tales como mediciones, características físicas, tipología y muchos más. Por lo cual el desarrollo será prospectivo y transversal

CONSEJO TÉCNICO DE
USO Y GESTIÓN DEL SUELO

Nivel 1
Muy alta sismicidad

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES
Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154

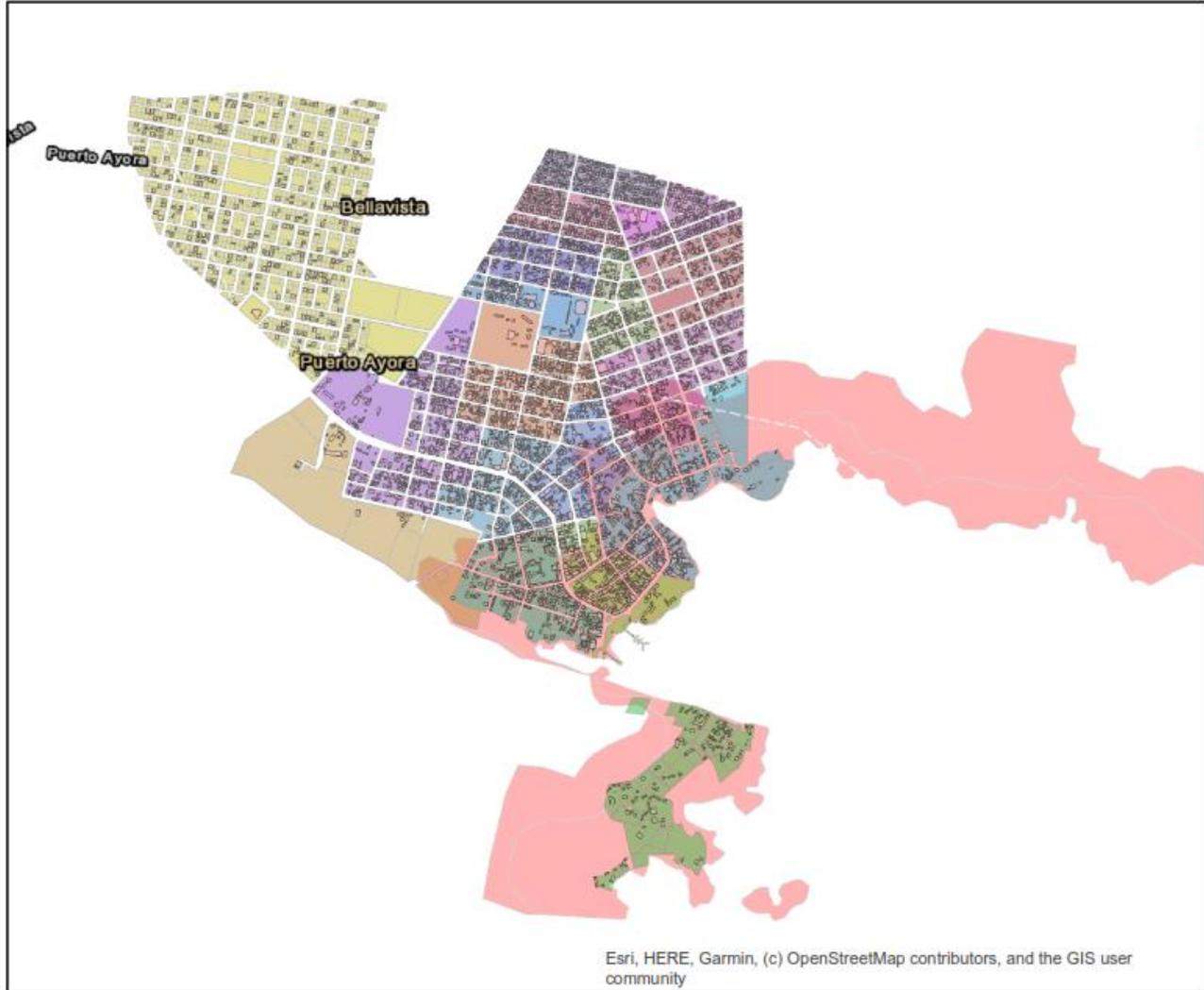
<p>100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE</p>   <p style="text-align: center; font-size: small;">ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">101 DATOS EDIFICACION</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>102 Nombre de la Edificación:</td> <td colspan="2">Hotel Galapagos Cottages</td> <td>C1 C3</td> </tr> <tr> <td>103 Dirección:</td> <td colspan="2">Calle Pleneros de Galapagos y calle Charles Blnford</td> <td></td> </tr> <tr> <td>104 Sitio de referencia:</td> <td>LAS NINFAS</td> <td>#454</td> <td>456 457</td> </tr> <tr> <td>106 Tipo de uso:</td> <td>Junto Consejo Gobierno</td> <td>105</td> <td>Código Postal</td> </tr> <tr> <td>107 Latitud:</td> <td colspan="2">HOTEL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>107A Zona:</td> <td>105</td> <td>107B Norte:</td> <td>-0.74537</td> </tr> <tr> <td>109 S:</td> <td>1.44</td> <td>108 Longitud:</td> <td>-90.317589</td> </tr> <tr> <td>107A Zona:</td> <td>105</td> <td>107B Norte:</td> <td>9917523.20 m S</td> </tr> <tr> <td>108A Este:</td> <td>110</td> <td>108A Este:</td> <td>798569.88 m E</td> </tr> <tr> <td>109 S:</td> <td>1.44</td> <td>110 S:</td> <td>0.93</td> </tr> <tr> <td colspan="4">DATOS DEL PROFESIONAL</td> </tr> <tr> <td>112 Nombre del evaluador:</td> <td colspan="3">Diego Oswaldo Chávez Salazar</td> </tr> <tr> <td>113 Cédula del evaluador:</td> <td>1717226656</td> <td>115 Fecha:</td> <td>16/DIC/2022</td> </tr> <tr> <td>114 Registro SENESCYT:</td> <td>L00262436</td> <td>116 Hora:</td> <td>10:00</td> </tr> <tr> <td colspan="4">DATOS CONSTRUCCION</td> </tr> <tr> <td>117 Número de Pisos:</td> <td colspan="3">3</td> </tr> <tr> <td>119 Sobre el Suelo:</td> <td>X</td> <td>120 Bajo el Suelo:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>121 Año de construcción:</td> <td>ENTRE 2000 A 2015</td> <td>122 Área de Construcción:</td> <td>152.10 m2</td> </tr> <tr> <td>123 Código Año:</td> <td>CEC-2000</td> <td>124 Años Remodelación:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>124 Adiciones:</td> <td>Ninguna</td> <td>125 Número de Predio:</td> <td>20035001010130120001</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Si</td> <td>126 Clave Catastral:</td> <td>003001001</td> </tr> <tr> <td colspan="4">200 OCUPACION:</td> </tr> <tr> <td>201 Asambleas</td> <td></td> <td>Comercial</td> <td>Servicio de Emergencia</td> </tr> <tr> <td>202 Industria</td> <td></td> <td>Oficina</td> <td>Educación</td> </tr> <tr> <td>203 Usidad</td> <td></td> <td>Almacén</td> <td>Residencial #</td> </tr> <tr> <td>203A Historico</td> <td></td> <td>Albergue</td> <td>Publico</td> </tr> <tr> <td colspan="4">204 TIPO DE SUELO:</td> </tr> <tr> <td>204A</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>204B</td> <td>Roca Dura</td> <td>Roca Débil</td> <td>Suelo Denso</td> </tr> <tr> <td>204C</td> <td></td> <td></td> <td>Suelo Duro</td> </tr> <tr> <td>205</td> <td></td> <td></td> <td>Suelo Blando</td> </tr> <tr> <td>206</td> <td></td> <td></td> <td>Suelo Pobre</td> </tr> <tr> <td>206A</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>DNK</td> </tr> <tr> <td>206B</td> <td>NO</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>206C</td> <td>DNK</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">207 Adyacencia</td> </tr> <tr> <td>207A</td> <td></td> <td>207B</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">208 Irregularidades:</td> </tr> <tr> <td>208A</td> <td></td> <td colspan="2">Elevación (Tipo/severidad)</td> </tr> <tr> <td>208B</td> <td></td> <td colspan="2">Planta (Tipo)</td> </tr> <tr> <td colspan="4">209 Peligro de Caída Exteriores</td> </tr> <tr> <td>209A</td> <td></td> <td>209D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>209B</td> <td></td> <td>209E</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>209C</td> <td></td> <td colspan="2">Otros</td> </tr> <tr> <td colspan="4">210 COMENTARIOS</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">SE ENCUENTRA EN UNA ZONA DE AMENAZA DE TSUNAMI BAJA</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Dibujos o comentarios en una página aparte</td> </tr> </table>	101 DATOS EDIFICACION				102 Nombre de la Edificación:	Hotel Galapagos Cottages		C1 C3	103 Dirección:	Calle Pleneros de Galapagos y calle Charles Blnford			104 Sitio de referencia:	LAS NINFAS	#454	456 457	106 Tipo de uso:	Junto Consejo Gobierno	105	Código Postal	107 Latitud:	HOTEL			107A Zona:	105	107B Norte:	-0.74537	109 S:	1.44	108 Longitud:	-90.317589	107A Zona:	105	107B Norte:	9917523.20 m S	108A Este:	110	108A Este:	798569.88 m E	109 S:	1.44	110 S:	0.93	DATOS DEL PROFESIONAL				112 Nombre del evaluador:	Diego Oswaldo Chávez Salazar			113 Cédula del evaluador:	1717226656	115 Fecha:	16/DIC/2022	114 Registro SENESCYT:	L00262436	116 Hora:	10:00	DATOS CONSTRUCCION				117 Número de Pisos:	3			119 Sobre el Suelo:	X	120 Bajo el Suelo:		121 Año de construcción:	ENTRE 2000 A 2015	122 Área de Construcción:	152.10 m2	123 Código Año:	CEC-2000	124 Años Remodelación:		124 Adiciones:	Ninguna	125 Número de Predio:	20035001010130120001		Si	126 Clave Catastral:	003001001	200 OCUPACION:				201 Asambleas		Comercial	Servicio de Emergencia	202 Industria		Oficina	Educación	203 Usidad		Almacén	Residencial #	203A Historico		Albergue	Publico	204 TIPO DE SUELO:				204A	A	B	C	204B	Roca Dura	Roca Débil	Suelo Denso	204C			Suelo Duro	205			Suelo Blando	206			Suelo Pobre	206A	SI	NO	DNK	206B	NO	X		206C	DNK			207 Adyacencia				207A		207B		208 Irregularidades:				208A		Elevación (Tipo/severidad)		208B		Planta (Tipo)		209 Peligro de Caída Exteriores				209A		209D		209B		209E	X	209C		Otros		210 COMENTARIOS				SE ENCUENTRA EN UNA ZONA DE AMENAZA DE TSUNAMI BAJA				Dibujos o comentarios en una página aparte			
101 DATOS EDIFICACION																																																																																																																																																																																																	
102 Nombre de la Edificación:	Hotel Galapagos Cottages		C1 C3																																																																																																																																																																																														
103 Dirección:	Calle Pleneros de Galapagos y calle Charles Blnford																																																																																																																																																																																																
104 Sitio de referencia:	LAS NINFAS	#454	456 457																																																																																																																																																																																														
106 Tipo de uso:	Junto Consejo Gobierno	105	Código Postal																																																																																																																																																																																														
107 Latitud:	HOTEL																																																																																																																																																																																																
107A Zona:	105	107B Norte:	-0.74537																																																																																																																																																																																														
109 S:	1.44	108 Longitud:	-90.317589																																																																																																																																																																																														
107A Zona:	105	107B Norte:	9917523.20 m S																																																																																																																																																																																														
108A Este:	110	108A Este:	798569.88 m E																																																																																																																																																																																														
109 S:	1.44	110 S:	0.93																																																																																																																																																																																														
DATOS DEL PROFESIONAL																																																																																																																																																																																																	
112 Nombre del evaluador:	Diego Oswaldo Chávez Salazar																																																																																																																																																																																																
113 Cédula del evaluador:	1717226656	115 Fecha:	16/DIC/2022																																																																																																																																																																																														
114 Registro SENESCYT:	L00262436	116 Hora:	10:00																																																																																																																																																																																														
DATOS CONSTRUCCION																																																																																																																																																																																																	
117 Número de Pisos:	3																																																																																																																																																																																																
119 Sobre el Suelo:	X	120 Bajo el Suelo:																																																																																																																																																																																															
121 Año de construcción:	ENTRE 2000 A 2015	122 Área de Construcción:	152.10 m2																																																																																																																																																																																														
123 Código Año:	CEC-2000	124 Años Remodelación:																																																																																																																																																																																															
124 Adiciones:	Ninguna	125 Número de Predio:	20035001010130120001																																																																																																																																																																																														
	Si	126 Clave Catastral:	003001001																																																																																																																																																																																														
200 OCUPACION:																																																																																																																																																																																																	
201 Asambleas		Comercial	Servicio de Emergencia																																																																																																																																																																																														
202 Industria		Oficina	Educación																																																																																																																																																																																														
203 Usidad		Almacén	Residencial #																																																																																																																																																																																														
203A Historico		Albergue	Publico																																																																																																																																																																																														
204 TIPO DE SUELO:																																																																																																																																																																																																	
204A	A	B	C																																																																																																																																																																																														
204B	Roca Dura	Roca Débil	Suelo Denso																																																																																																																																																																																														
204C			Suelo Duro																																																																																																																																																																																														
205			Suelo Blando																																																																																																																																																																																														
206			Suelo Pobre																																																																																																																																																																																														
206A	SI	NO	DNK																																																																																																																																																																																														
206B	NO	X																																																																																																																																																																																															
206C	DNK																																																																																																																																																																																																
207 Adyacencia																																																																																																																																																																																																	
207A		207B																																																																																																																																																																																															
208 Irregularidades:																																																																																																																																																																																																	
208A		Elevación (Tipo/severidad)																																																																																																																																																																																															
208B		Planta (Tipo)																																																																																																																																																																																															
209 Peligro de Caída Exteriores																																																																																																																																																																																																	
209A		209D																																																																																																																																																																																															
209B		209E	X																																																																																																																																																																																														
209C		Otros																																																																																																																																																																																															
210 COMENTARIOS																																																																																																																																																																																																	
SE ENCUENTRA EN UNA ZONA DE AMENAZA DE TSUNAMI BAJA																																																																																																																																																																																																	
Dibujos o comentarios en una página aparte																																																																																																																																																																																																	

300	TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL				
301	Porticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos	W1	309	Pórtico Hormigón Armado	C1 X
302	Porticos de madera Livianos múltiples unidades, multiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2	W1A	310	Pórtico H. Armado con muros de corte	C2
303	Porticos de madera para edificios comerciales e industriales con un area de piso mayor a 500m2	W2	311	Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo	C3 X
304	Pórtico Acero Laminado (Portico Resistente a Momento)	S1	312	Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up)	PC1
305	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2	313	Portico de H. Armado prefabricados	PC2
306	Pórtico Acero Liviano o Conformado en frío	S3	314	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles	RM1
307	Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón	S4	315	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos	RM2
308	Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque	S5	316	Edificios de Mampostería no reforzada	URM
			317	Vivienda prefabricada	MH

PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1																		
401	PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)	TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL																
		W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
402	PUNTAJE BÁSICO	2.1	1.9	1.8	1.5	1.40	1.6	1.4	1.2	1	1.2	0.9	1.1	1	1.1	1.1	0.9	1.1
403 IRREGULARIDADES																		
403A	Irregularidad vertical Grave, VL1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.5	-0.7	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	NA
403B	Irregularidad vertical Moderada, VL1	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
403C	Irregularidad en planta, PL1	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
405 CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN																		
405A	Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0	0
405B	Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
405C	Post código moderno (construido a partir de 2015)	1.9	1.9	2	1	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	NA	0.5
406 SUELO																		
406A	Suelo Tipo A o B	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
406B	Suelo Tipo D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
406C	Suelo Tipo E (1-3Pisos)	0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0	-0.1
406D	Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	0	NA
407	Puntaje Mínimo	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1
408	PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1 > SMIN									1		0.9						
500 GRADO DE REVISIÓN		600 OTROS RIESGOS:						700 ACCIÓN REQUERIDA:										
501 Exterior:		Hay peligro que ameriten una evaluación estructural detallada?						Requiere evaluación estructural detallada?										
<input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los Lados <input type="checkbox"/> Aereo		<input type="checkbox"/> Golpeo Potencial (a menor que SL2>límite, si es conocido)						<input type="checkbox"/> SI, tipo de edificación FEMA desconocido u otro edificio										
502 Interior:		<input type="checkbox"/> Ninguno <input checked="" type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Completo						<input checked="" type="checkbox"/> SI, puntaje menor que el límite										
503 Planos revisados:		<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No						<input checked="" type="checkbox"/> SI, otros peligros presentes										
504 Fuente del Tipo de suelo:		<input type="checkbox"/> Riesgo geológico o tipo de Suelo F						<input type="checkbox"/> NO										
505 Fuente del Peligro Geológico:		<input type="checkbox"/> Daño significativo/deterioro del sistema estructural						Evaluación no estructural detallada recomendada? (marque con una x)										
506 Personas de Contacto: <u>INSPECCION STREET VIEW Y BASE DATOS GAD</u>								<input type="checkbox"/> SI, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados										
Celular: <u>0999737573</u>								<input checked="" type="checkbox"/> No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada										
Correo: _____								<input checked="" type="checkbox"/> No, no se identifican peligros no estructurales										
								<input type="checkbox"/> DNK= no conoce										
Cuando los datos no pueden ser verificados, el Inspector deberá anotar lo siguiente: EST=Estimado o dato no fiable O DNK= No conoce																		
500 OBSERVACIONES:																		
EST ALTURA FINAL 10.50 M																		
FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN																		
Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook. 3th edition. FEMA & NEHRP report, ATC, California Modificado: Diciembre, 2021												Modificado por: Ing. Paúl Cismedo Revisado por: Ing. Jacobo Moral Aprobado por: Ing. Jacobo Moral SHEP-MIDUVI						



Información Catastral de la Infraestructura



Predios Puerto Ayora

- Predios_PAyora**
Barrio_Sec
- ALBORADA
 - ARRAYANES
 - CENTRAL
 - CONSEJO DE GOBIERNO
 - EL EDEN
 - EL MIRADOR
 - LA CASCAIDA
 - LA UNION
 - LAS ACACIAS
 - LAS NINFAS
 - LAS ORQUIDEAS
 - LOS CAPTUS
 - MATAZARNO
 - MIRAFLORES
 - PAMPAS COLORADAS
 - PELIKAN BAY
 - PUNTA ESTRADA
 - SCALECIA

Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

Evaluación de Vulnerabilidad: Tsunami

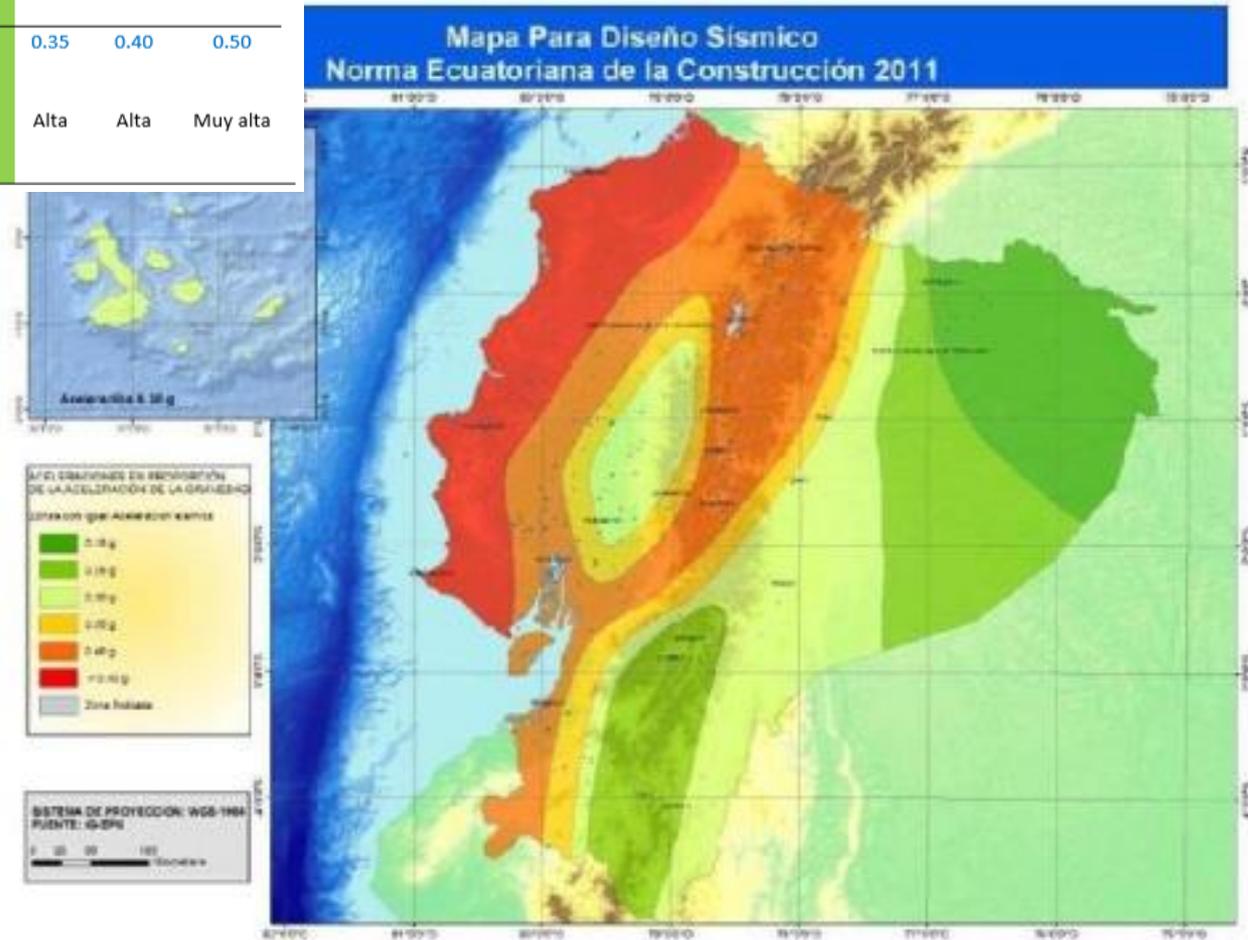
Se estima que a través de una simulación con un terremoto de magnitud **8.6 grados** en la costa Ecuatoriana ocasiona una ola que podría tener unos **10 metros de alto** y golpearía a Puerto Ayora en un lapso de **1 hora y 30 minutos, inundando un 20%** de su extensión



Rutas de evacuación y zonas seguras de Puerto Ayora

Evaluación de Vulnerabilidad: Sismo

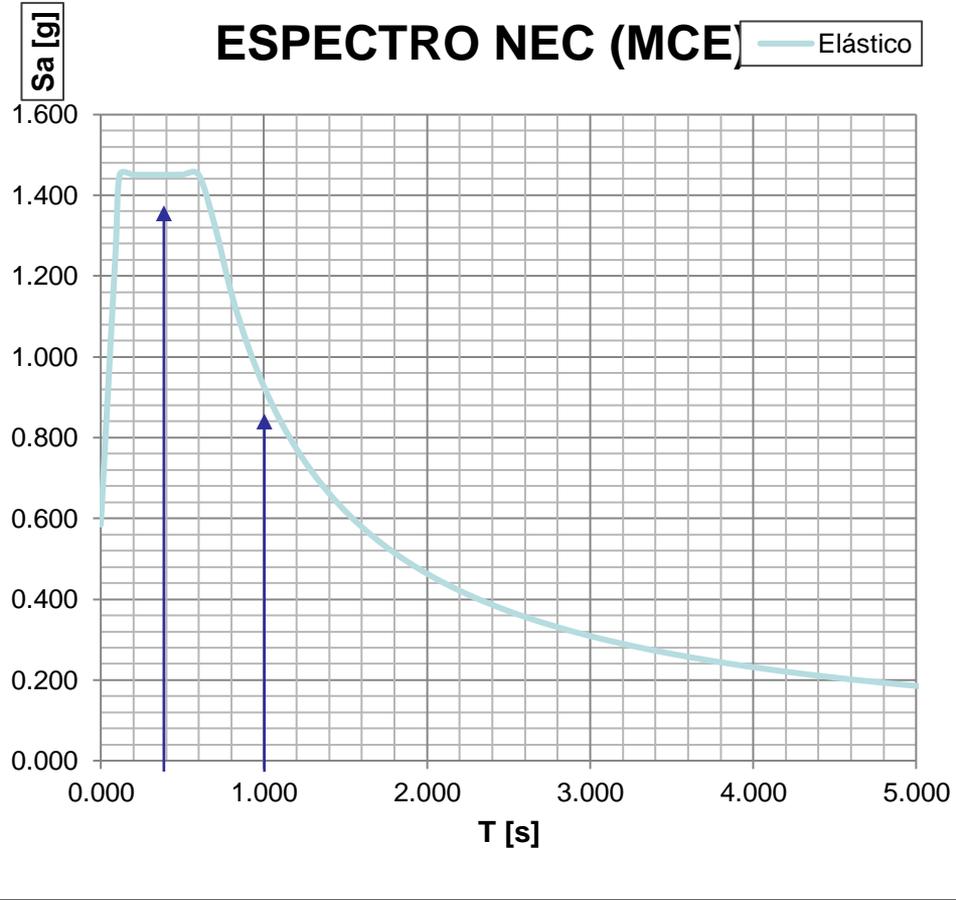
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta



Determinación de valores SS y S1 para caracterización sísmica

Para la determinación del valor SS y S1

	T (seg)	Sa	Sa	Sd (m)	Sa [V/W]	Sa [V/W]	Sa (MCE)
		(g)	(g)		(g) Inelastico	(g) Inelastico	(g)
		[con ramal]	[sin ramal]		[con ramal]	[sin ramal]	[con ramal]
	0.000	0.390	0.967	0.000	0.130	0.3224	0.585
	0.023	0.505	0.967	0.000	0.168	0.3224	0.758
	0.046	0.621	0.967	0.000	0.207	0.3224	0.931
	0.070	0.736	0.967	0.001	0.245	0.3224	1.104
	0.093	0.852	0.967	0.001	0.284	0.3224	1.278
To →	0.116	0.967	0.967	0.002	0.322	0.3224	1.451
SS	0.200	0.967	0.967	0.006	0.322	0.3224	1.451
	0.300	0.967	0.967	0.013	0.322	0.3224	1.451
	0.400	0.967	0.967	0.024	0.322	0.3224	1.451
	0.500	0.967	0.967	0.037	0.322	0.3224	1.451
	0.600	0.967	0.967	0.053	0.322	0.3224	1.451
	0.700	0.882	0.882	0.109	0.294	0.2942	1.324
	0.800	0.772	0.772	0.124	0.257	0.2574	1.158
	0.900	0.686	0.686	0.140	0.229	0.2288	1.030
S1	1.000	0.618	0.618	0.155	0.206	0.2059	0.927



Determinación para un MCE (fuente ASCE/SEI 41-13)

Región sísmica	Respuesta de aceleración espectral, Ss (período corto, o 0.2 segundos)	Respuesta de aceleración espectral, S1 (período largo, o 1.0 segundo)
Baja	$S_s < 0.25g$	$S_1 < 0.10g$
Moderada	$0.25g < S_s < 0.50g$	$0.10g < S_1 < 0.20g$
Moderadamente alta	$0.50g < S_s < 1.00g$	$0.20g < S_1 < 0.40g$
Alta	$1.00g < S_s < 1.50g$	$0.40g < S_1 < 0.60g$
Muy alta	$S_s > 1.50g$	$S_1 > 0.60g$

En función de los valores obtenidos $SS = 1.45 g$ y $S_1 = 0.93 g$ tenemos Región sísmica “Alta” y “Muy Alta” respectivamente, por lo cual seleccionamos el formulario más crítico por lo cual trabajamos en la Región Sísmica “Muy Alta”.

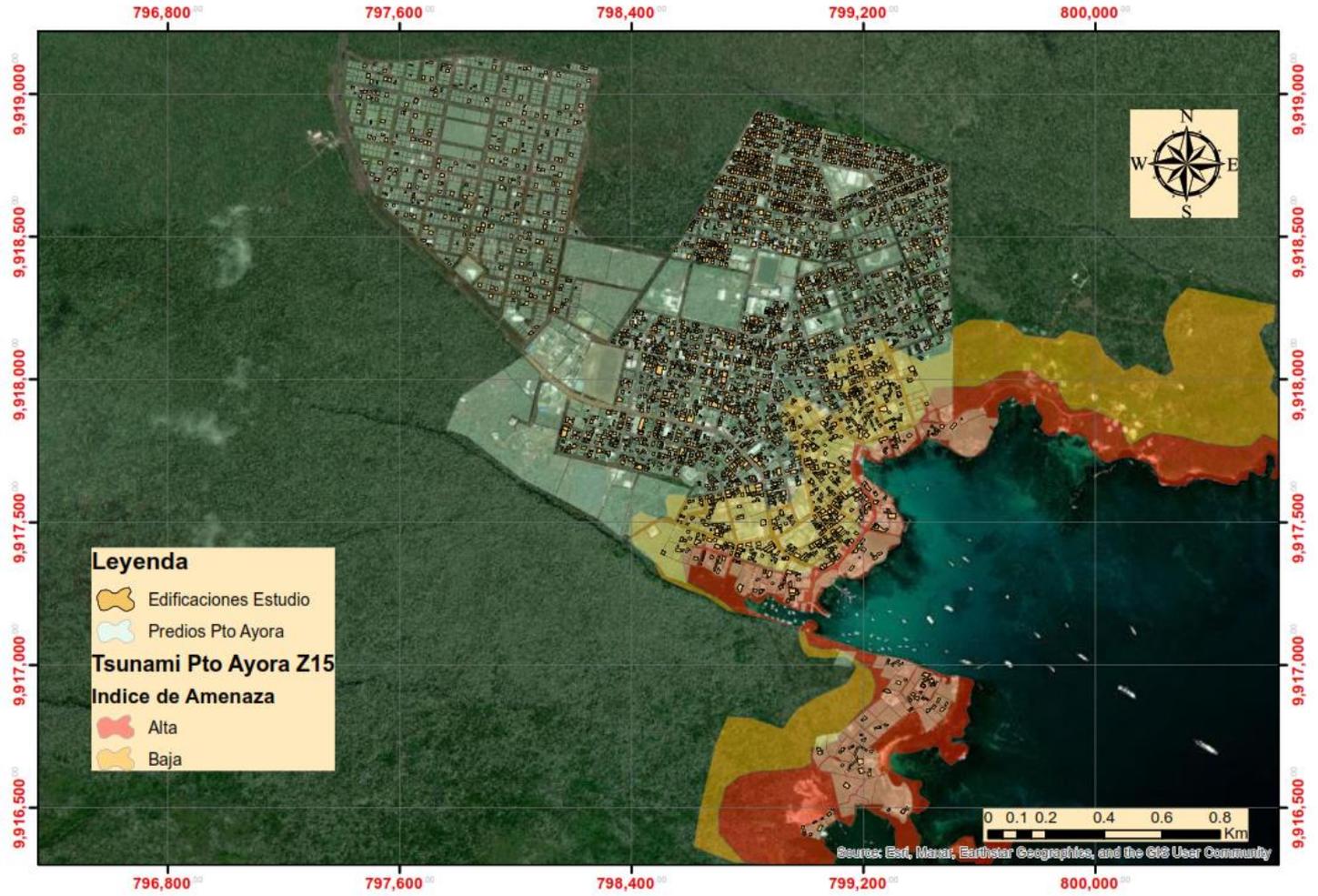


Índice de amenazas naturales

Se ha identificado las amenazas naturales tanto de sismo como de tsunami, los cuales son fenómenos que no son controlables e influyen a la hora de calcular el índice de riesgo

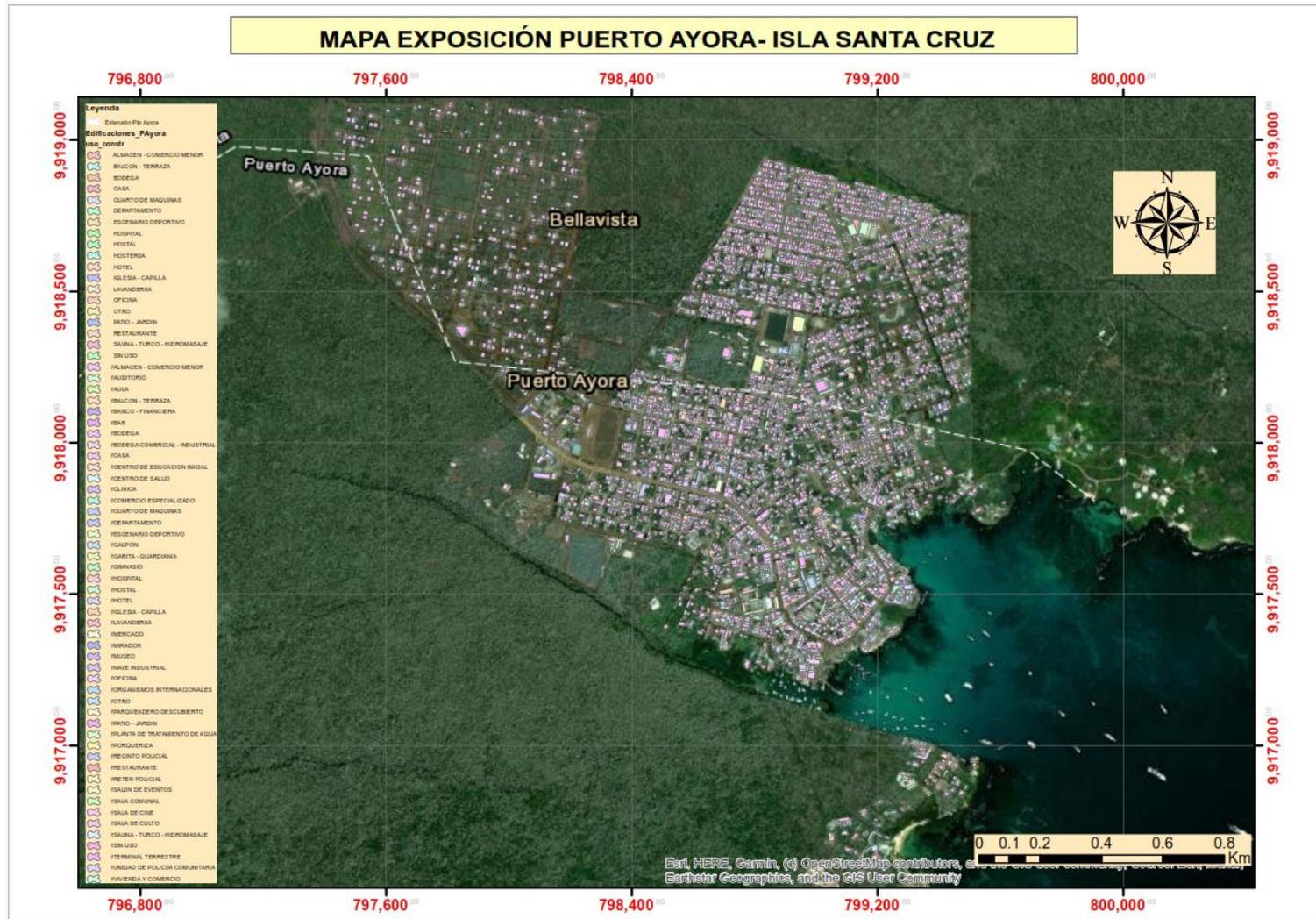


MAPA AMENAZA DE TSUNAMI PUERTO AYORA- ISLA SANTA CRUZ



Grado de exposición

Las estructuras expuestas son todo el conjunto de elementos que son propensos a sufrir daños y pérdidas una vez que se presente la amenaza.

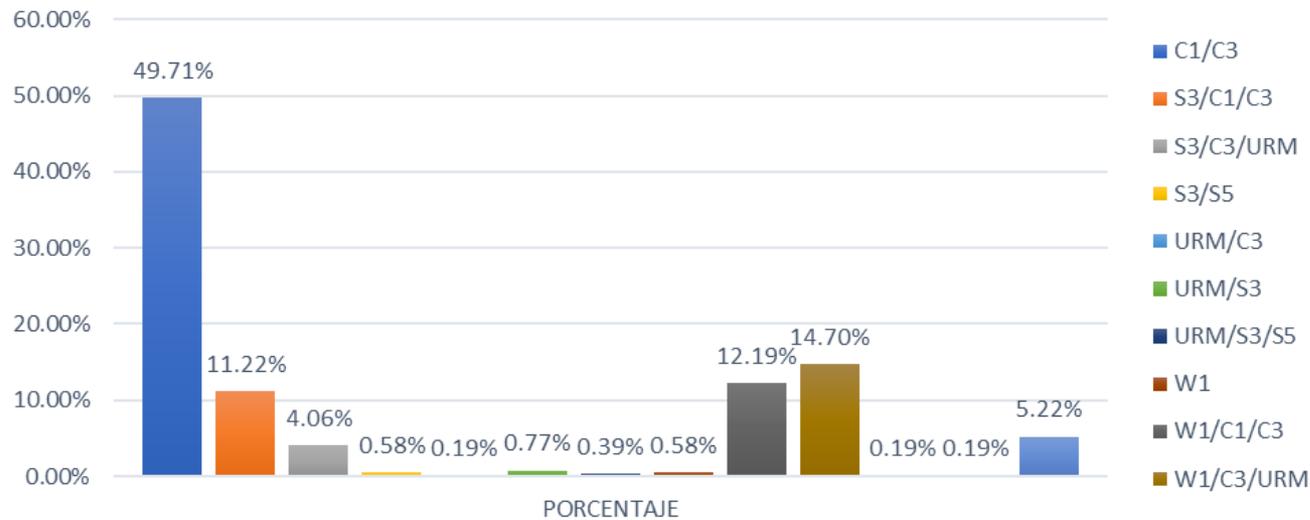


ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Índice de vulnerabilidad

TIPOLOGÍA	CANTIDAD	PORCENTAJE	DESCRIPCIÓN TIPOLOGÍA
C1/C3	257	49.71%	Hormigón
S3/C1/C3	58	11.22%	Hormigón mamp- Acero
S3/C3/URM	21	4.06%	Hormigón- Acero- Mampostería
S3/S5	3	0.58%	Acero
URM/C3	1	0.19%	Mampostería- Hormigón
URM/S3	4	0.77%	Mampostería- Acero
URM/S3/S5	2	0.39%	Mampostería- Acero mamp
W1	3	0.58%	Madera
W1/C1/C3	63	12.19%	Hormigón mamp- Madera
W1/C3/URM	76	14.70%	Hormigón- Madera- Mampostería
W1/S3	1	0.19%	Acero- Madera
W1/S3/S5	1	0.19%	Acero mamp- Madera
W1/URM	27	5.22%	Mampostería- Madera
TOTAL	517	100.00%	

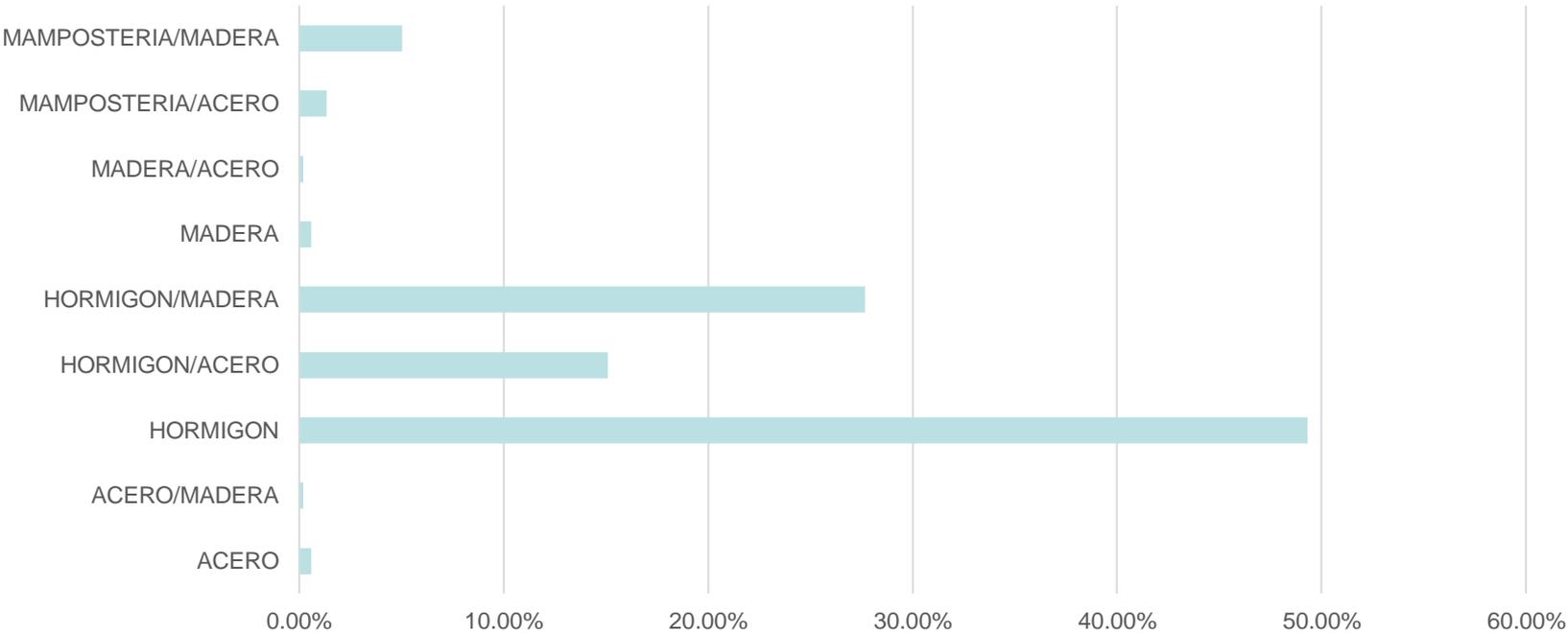
Tipología de Infraestructura



Resultados en función del tipo de materiales con los cuales han sido considerados a la hora de la construcción de la infraestructura presente en Puerto Ayora.

ESTRUCTURA/TIPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
ACERO	3	0.58%
ACERO/MADERA	1	0.19%
HORMIGÓN	255	49.32%
HORMIGÓN/ACERO	78	15.09%
HORMIGÓN/MADERA	143	27.66%
MADERA	3	0.58%
MADERA/ACERO	1	0.19%
MAMPOSTERÍA/ACERO	7	1.35%
MAMPOSTERÍA/MADERA	26	5.03%
TOTAL	517	100.00%

Tipología de Infraestructura (Materiales Constructivos)

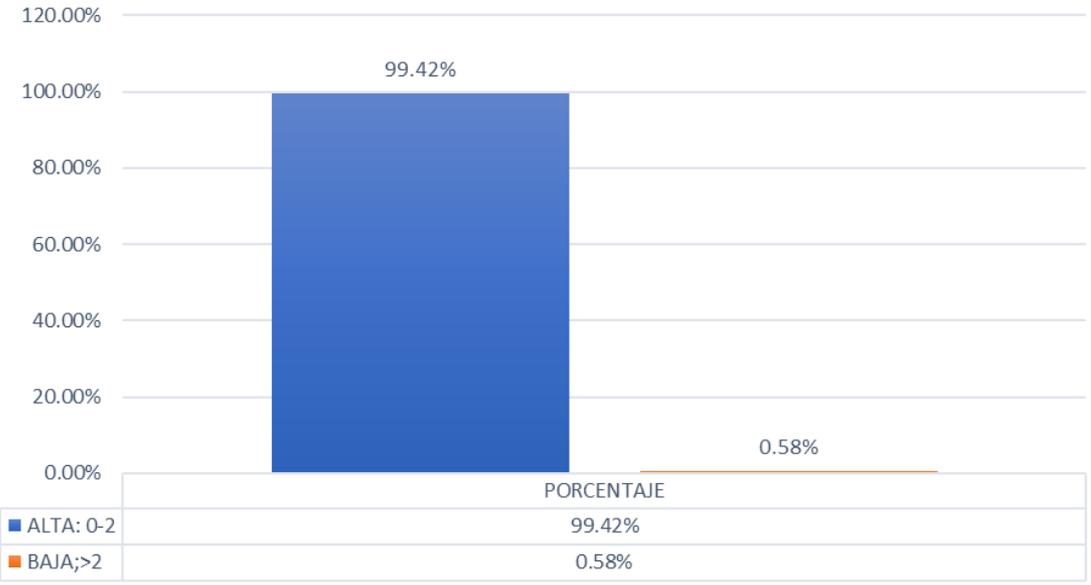


	ACERO	ACERO/MAD ERA	HORMIGON	HORMIGON/ ACERO	HORMIGON/ MADERA	MADERA	MADERA/AC ERO	MAMPOSTE RIA/ACERO	MAMPOSTE RIA/MADERA
■ PORCENTAJE	0.58%	0.19%	49.32%	15.09%	27.66%	0.58%	0.19%	1.35%	5.03%



Resultados Vulnerabilidad de Muestra de Catastros Puerto Ayora

Índice de Vulnerabilidad de Puerto Ayora

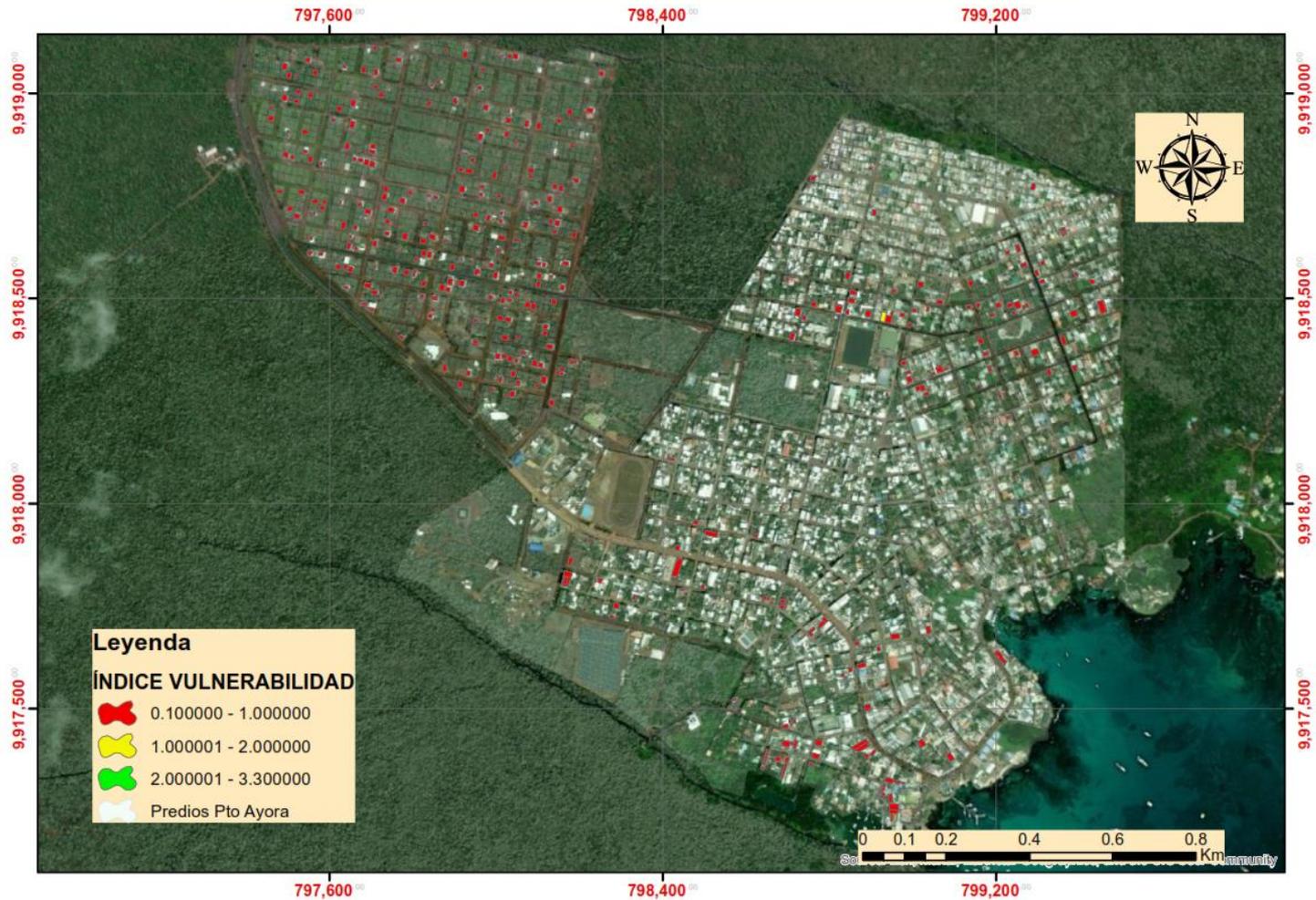


TIPOLOGÍA	VULNERABILIDAD	CANTIDAD
C1/C3	ALTA:0-2	257
S3/C1/C3	ALTA:0-2	58
S3/C3/URM	ALTA:0-2	21
S3/S5	ALTA:0-2	3
S3/S5/URM	ALTA:0-2	1
URM/C3	ALTA:0-2	1
URM/S3	ALTA:0-2	4
URM/S3/S5	ALTA:0-2	1
W1	ALTA:0-2	1
W1	BAJA;>2	2
W1/C1/C3	ALTA:0-2	63
W1/C3/URM	ALTA:0-2	76
W1/S3	BAJA;>2	1
W1/S3/S5	ALTA:0-2	1
W1/URM	ALTA:0-2	27
TOTAL		517

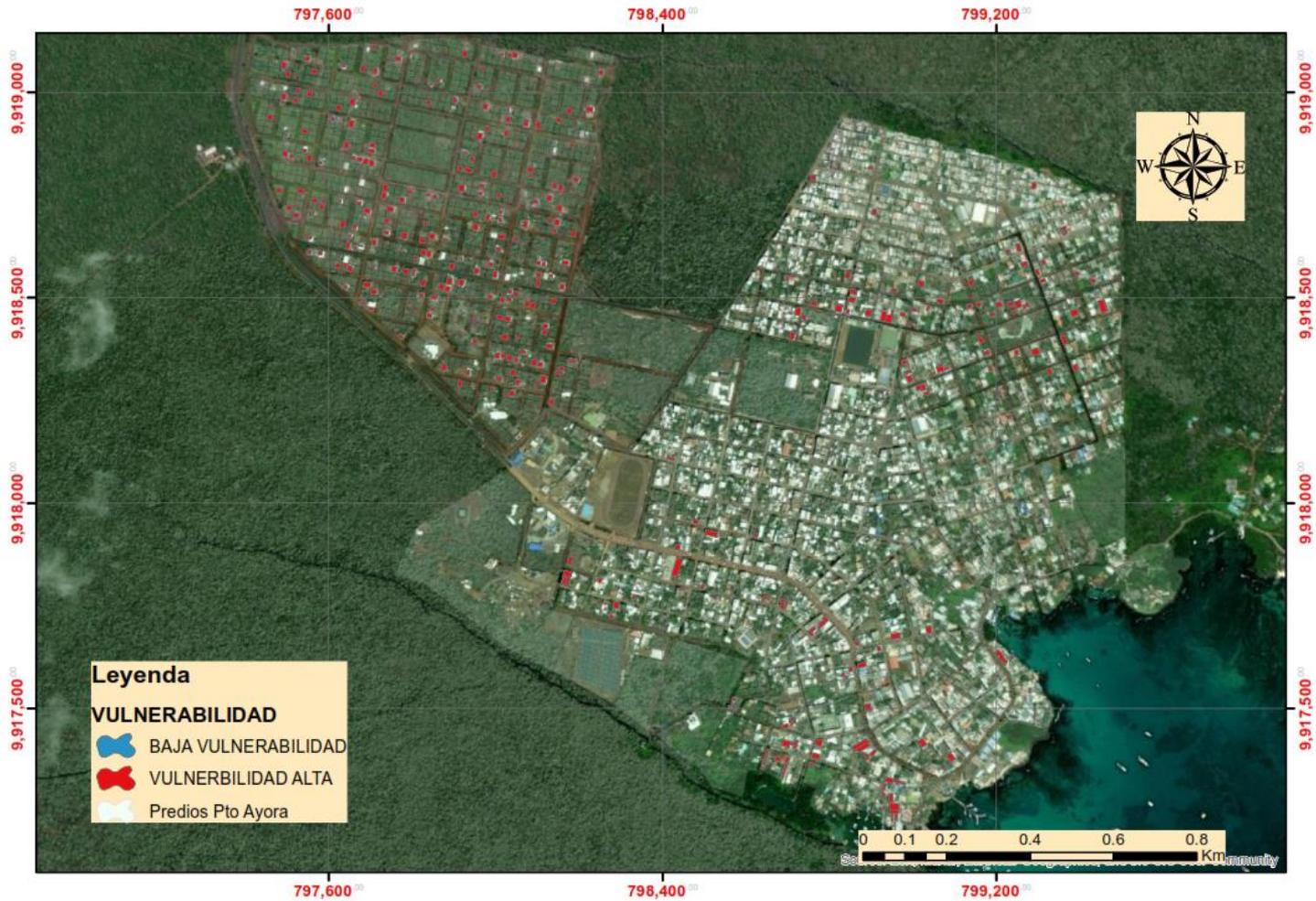
VULNERABILIDAD	NÚMERO	PORCENTAJE
ALTA: 0-2	514	99.42%
BAJA;>2	3	0.58%
TOTAL	517	



MAPA VULNERABILIDAD SÍSMICA PUERTO AYORA- ISLA SANTA CRUZ



MAPA CATEGORIZACIÓN VULNERABILIDAD SÍSMICA PUERTO AYORA

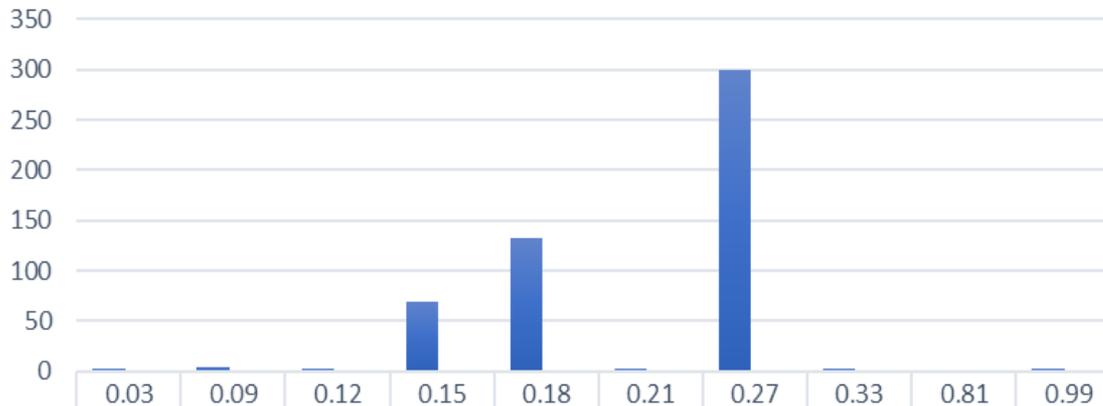


Parámetros para el cálculo del índice de riesgo

Se ha calculado el índice de riesgo con un método simplificado establecido por la expresión $I_r = I_a * I_v$

ÍNDICE RIESGO	CANT. ESTRUCTURAS	PORCENTAJE
0.03	3	0.58%
0.09	4	0.77%
0.12	2	0.39%
0.15	69	13.35%
0.18	132	25.53%
0.21	3	0.58%
0.27	299	57.83%
0.33	2	0.39%
0.81	1	0.19%
0.99	2	0.39%
TOTAL	517	100.00%

Índice de Riesgo de Infraestructura de Puerto Ayora



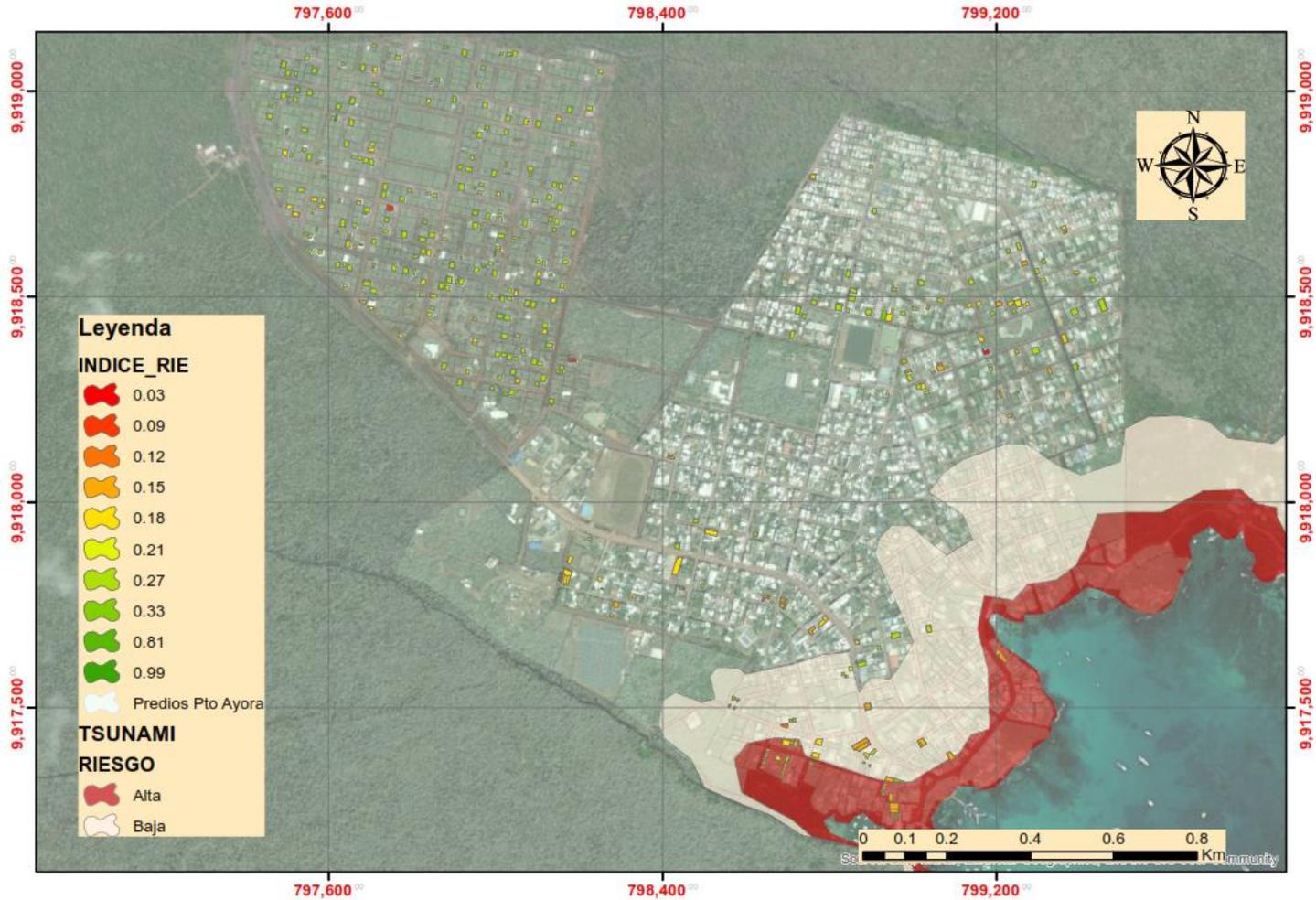
	0.03	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.27	0.33	0.81	0.99
■ CANT. ESTRUCTURAS	3	4	2	69	132	3	299	2	1	2
■ PORCENTAJE	0.58%	0.77%	0.39%	13.35%	25.53%	0.58%	57.83%	0.39%	0.19%	0.39%



MAPA INDICE DE RIESGO SÍSMICO PUERTO AYORA

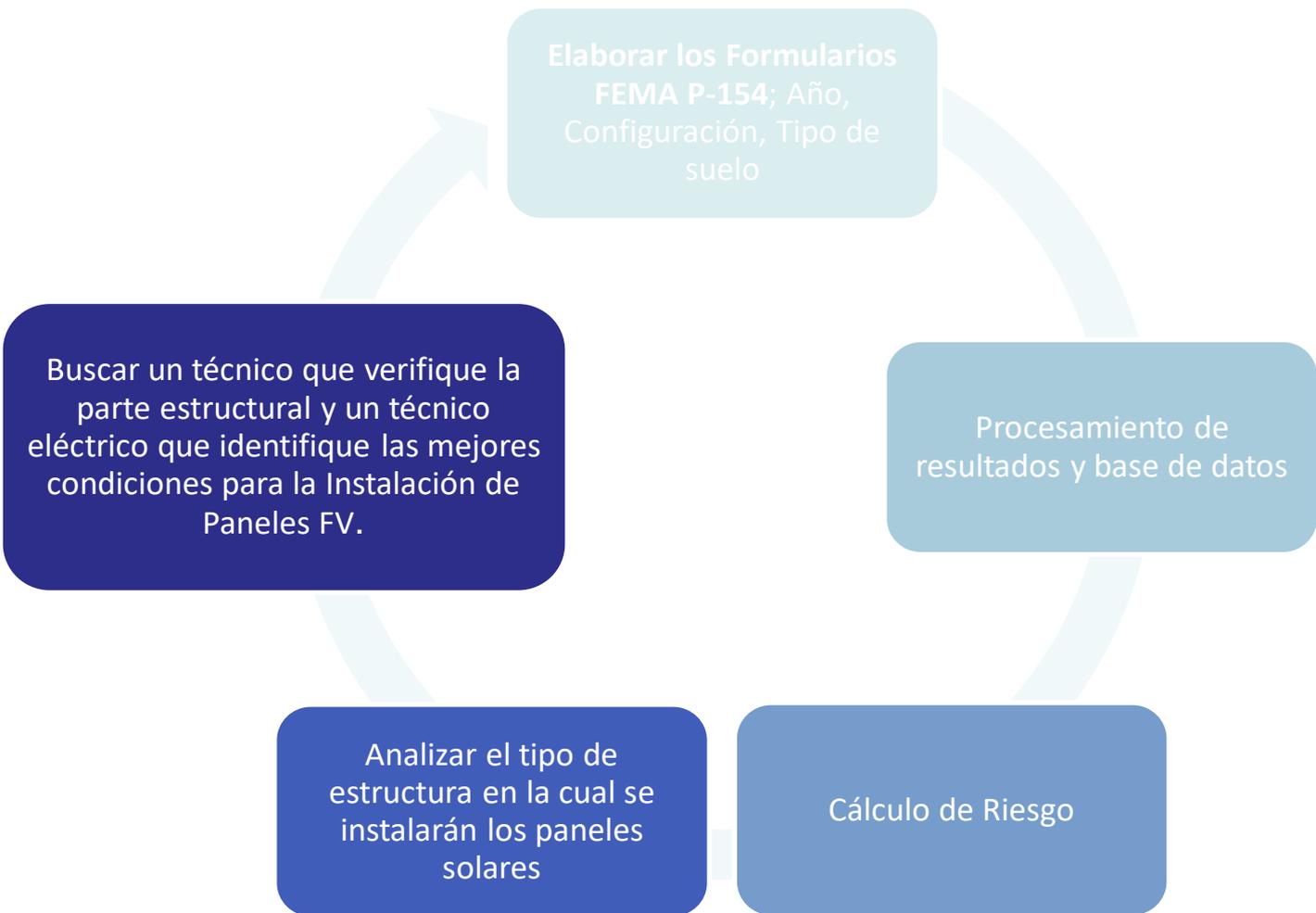


MAPA INDICE DE RIESGO SÍSMO Y TSUNAMI PUERTO AYORA



Criterio técnico para la ubicación de los paneles fotovoltaicos







Conclusiones

- Para la amenaza sísmica se ha considerado un espectro sísmico (DE) del NEC-15 con un periodo de retorno de 475 años, el cual ha sido mayorado con un factor de 1.50 para conseguir un espectro estimado para el sismo máximo considerado (MCE) con un periodo de retorno de 975 años basado en un peligro uniforme.
- Existe una vulnerabilidad alta, siendo necesario una evaluación de nivel 2 el cual requiere mayor detalle de información (planos, inspección visual en el interior de la estructura, verificación de elementos estructurales, existencia de peligros no estructurales, ensayo de materiales constructivos, estudios geotécnico, configuración estructural y otros que se encuentren de acuerdo con el criterio del técnico encargado) previo a la instalación de paneles
- El peligro de Tsunami ha sido representado como alto y bajo considerando una altura máxima de aproximadamente 10 m, el cual se ha tomado de la base de datos del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.
- En Puerto Ayora de acuerdo con los cálculos realizados se puede evidenciar que predominan estructuras compuestas por Pórticos de Hormigón Armado (C1) o (C3) que corresponde a Pórticos Hormigón Armado con mampostería de relleno sin refuerzo con aproximadamente un **49.71 %**
- Una vez que se ha realizado la evaluación de vulnerabilidad, con la normativa FEMA P-154 de **517** predios, correspondientes a **365** estructuras se ha determinado que el **99.42 %** cuenta con un índice de vulnerabilidad comprendido entre 0 a 2 y solamente el 0.58 % con un valor de vulnerabilidad mayor a 2
- Se ha identificado que aproximadamente un **49.32 %** de las estructuras analizadas en esta investigación están construidas con hormigón, adicional a esto existen sistemas mixtos como hormigón con madera con un **27.66 %** o hormigón con acero con un **15.09 %**, dando un total de **92.07 %** de estructuras construidas con hormigón que predominan en Puerto Ayora



Conclusiones:

- El índice de riesgo se encuentra con un valor de 0.27 correspondiente a **299** predios que representan el **57.83 %**
- En caso de considerar la instalación de los paneles fotovoltaicos se requerirá tener la asesoría técnica tanto del ingeniero estructural, así como el eléctrico, que elabore los diseños correspondientes y garanticen la funcionalidad y buena instalación de los sistemas solares, en base a los mejores criterios técnicos en su campo, disminuyendo el riesgo a la hora de implementarlos sobre la estructura.

Recomendaciones

- La instalación de paneles fotovoltaicos podría ser considerado en gran parte en estructuras nuevas, que vayan a construirse con la normativa vigente NEC-15 o cualquier nueva actualización de este código o aquellas que hayan sido construidas a partir del año 2015 y aquellas que se encuentren sobre los 10 m de altura.
- Esta investigación podría servir como base para que las entidades del estado encargadas de la mitigación de riesgos realicen mapas con los índices correspondientes a toda la población, que se encuentren expuestos a varias amenazas naturales, con la finalidad de socializar con la población y en caso de tener estructuras muy vulnerables se realice informes adecuados elaborados por los técnicos expertos en el campo para mejorar las estructuras en análisis
- Analizar otros riesgos tales como viento, volcánico, etc.



GRACIAS

Diego Chávez Salazar

dochavez@espe.edu.ec/ dchs1789@hotmail.com

Tfno.: 0992539629



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA